Paul Forman

Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica: 1918-1927

Adaptación de los físicos y matemáticos alemanes a un ambiente intelectual hostil

Introducción, apéndice y traducción de
José Manuel Sánchez Ron

Alianza
Editorial

Título original:
Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918-1927. Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment.

Calle Milán, 38; ☎ 200 00 45
ISBN: 84-206-2405-5
Depósito legal: M. 32.282-1984
Compuesto en Fernández Ciudad, S. L.
Impreso en Closas-Orcoyen, S. L. Polígono Igarsa
Paracuellos del Jarama (Madrid)
Printed in Spain

INDICE

INTRODUCCION *

1. *De la filosofía a la historia pasando por la metodología*

A finales de la década de los años sesenta, Russell McCormmach se lanzó a la aventura de editar una revista dedicada preferentemente a la historia de la física moderna: se trataba de *Historical Studies in the Physical Sciences*. La aventura respondía a lo que entonces ya era una acuciante necesidad: dar cabida, orientándola, a —al menos parte— de la creciente producción de trabajos competentes en historia de la física moderna.

En el volumen tercero (1971) de *Historical Studies* apareció un trabajo —cuya traducción al castellano se presenta en este libro— de Paul Forman, «Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment», que inmediatamente se convirtió en un clásico de la historiografía de la física. Se trataba del, probablemente, primer intento *serio* —esto es, basado en sólidas raíces documentales— de construir una historia de la ciencia en la que tuviesen cabida las influencias culturales de la época en la que surgen las teorías científicas objeto de estudio. El trabajo de Forman es, de alguna manera (en él no aparece, al menos *no de la misma manera,* la motivación económica que subyace de manera predominante en las tesis marxistas), la realización de lo que en la vieja, fa-

* Agradezco al Dr. Paul Forman los comentarios y sugerencias que hizo a una versión preliminar de esta introducción.

mosa, épica y, sin duda bastante limitada, comunicación de Boris Hessen (1971) al 2.º Congreso internacional de historia de la ciencia y la tecnología (Londres, 1931), titulada «The Social and Economic Roots of Newton's 'Principia'» [1], no pasaba de ser más que una declaración programática, basada en la creencia marxista de que la ciencia puede ser reducida —o explicada en base— a condicionamientos socioeconómicos [2].

Al margen de su significado como una contribución importante a la historia «externa», o social, de la ciencia, y de constituir uno de los productos más destacados de la «nueva» historia de la física, el ensayo de Forman no es sino un ejemplo de un fenómeno relativamente reciente y de gran significado cultural: el creciente abandono de los grandes análisis y síntesis de carácter filosófico en favor de estudios concretos de episodios y situaciones históricoculturales particulares. En un artículo publicado hace ya más de una década, Stephen Toulmin (1971), un protagonista de las «dos culturas», ha descrito de manera magnífica la situación existente tanto antes como después de dicho cambio de orientación. Una narración sucinta del desarrollo de los acontecimientos que a nosotros nos interesan, y que incorpora algunos de los puntos señalados por Toulmin, aparece a continuación.

A partir de la década de 1920 y a raíz de los grandes y radicales cambios en la visión física de la naturaleza (relatividad especial, relatividad general y —desde 1925-1926— mecánica cuántica) la filosofía se hace en gran medida filosofía *de la ciencia*. Surgen los Schlick, Reichenbach, Popper o Carnap. Es el nacimiento del Círculo de Viena, que se continuaría en el positivismo lógico, una, la principal, entre las diferentes aproximaciones a la filosofía de la ciencia existentes entorno a la década de los cuarenta. El estilo, profundamente «logicista» y basado en un ansia feroz de desterrar lo metafísico de la ciencia, hizo que el «contexto de justificación» anulase prácticamente al «contexto de descubrimiento», siguiendo la tan celebrada

[1] El trabajo de Hessen, junto a los artículos presentados en el congreso de Londres por el resto de la delegación soviética, se encuentra reproducido en *Science at the Cross Roads* (1971). Para una descripción del impacto de la comunicación de Hessen tanto en el congreso como en las subsiguientes investigaciones en historia de la ciencia véase Joseph Needham (1971, 1978), Jerome Ravetz (1981), Gary Werskey (1971, 1978) y Richard Westfall (1981).

[2] Se puede obtener una idea del contenido y enfoque del ensayo de Hessen a través de los títulos de las secciones que lo componen. Son éstos: 1. Introduction. Marx's Theory of the Historical Process; 2. The Economics, Physics, and Technology of Newton's Period; 3. The Class Struggle during the English Revolution and Newton's philosophic outlook; 4. Engels'conception of Energy and Newton's lack of the law for the conservation of energy; 5. The machine-breakers of Newton's Epoch and the present day wreckers.

distinción de Hans Reichenbach. La filosofía ignoraba a la historia (historia entendida como una disciplina plural, rica y compleja), y la hegemonía y naturaleza de aquélla entrañaba de hechó el que ésta se encontrase en una situación de «más pena que gloria». Historiadores como Sarton, Koyré o Thorndike libraban batallas solitarias.

El trasplante —impulsado por la subida de Hitler al poder— de la filosofía germanoparlante a los Estados Unidos no alteró sustancialmente la situación. De hecho, estos filósofos, pertenecientes en su mayoría al positivismo lógico, encontraron aliados naturales en los pragmáticos americanos, como, por ejemplo, Ernest Nagel. Para ambos grupos, todos los problemas genuinos de la filosofía de la ciencia eran problemas acerca de la estructura lógica de las ciencias, y no relativos a la psicología del descubrimiento científico, o a la evolución de sus conceptos. Si la filosofía de la ciencia se podía asimilar, o relacionar, de algún modo a la historia de las ciencias, lo era a una historia interna, más lógica que real.

Esta situación comenzó a cambiar a mediados de la década de 1950. Se fue haciendo entonces cada vez más claro a algunos filósofos de la ciencia jóvenes, Toulmin entre ellos, que ciertas cuestiones cruciales no podrían resolverse a menos de que se dejasen de lado, tal vez sólo momentáneamente, las cuestiones formales o «lógicas», y se prestase atención en su lugar a los procesos de cambio histórico de los que habían surgido los conceptos básicos, teorías y métodos de la ciencia. Semejante programa de investigación se enfrentaba, no obstante, con obstáculos diversos, no el menor de ellos el frágil —prácticamente inexistentes— soporte institucional. Así, por ejemplo, en Gran Bretaña, una nación de sólidas raíces culturales, hacia 1955, y con la excepción de un departamento en el University College de Londres, no existía prácticamente ningún puesto académico dedicado a la historia de la ciencia, y ello a pesar de que la capital británica había sido sede en 1931, como ya mencioné, del 2.° Congreso internacional de historia de las ciencias, y de la labor ya desarrollada por entonces por hombres como Benjamin Farrington [3] o John D. Bernal [4]. (Es significativo señalar, no obstante, que tanto Farrington como Bernal eran marxistas declarados. A Bernal se le llegó a negar la cátedra de historia de la ciencia en el University College, presumiblemente por su militancia y credo políticos y por su —estrechamente relacionada con lo anterior— aproximación externalista a la historia de la ciencia.) Trabajos más «académicos» que iban surgiendo por aquella época, como *The Origins of Modern Science*,

[3] En 1936, Farrington (1936) había publicado su *Science in Antiquity*.

[4] El famoso libro de Bernal (1939), *The Social Function of Science*, data de 1939.

1300-1800, de Herbert Butterfield (1949), seguían siendo tan anacrónicos [5] para la mayoría de los intelectuales de entonces como lo había sido, por ejemplo *The Study of the History of Science,* el pequeño ensayo de George Sarton (1936), quien en 1955 llevaba ya alrededor de veinticinco años librando su solitaria batalla en la biblioteca «Widener» de Harvard [6], dato éste que nos demuestra que la situación en los Estados Unidos no era muy diferente de la británica, a pesar de la aparición de nuevos historiadores, como I. B. Cohen, cuyo *Franklin and Newton* (Cohen, 1956) fue publicado en 1956 [7].

Este movimiento por el que de una manera relativamente súbita se pasa de lo abstracto a lo concreto, de la idea a su historia, constituye en realidad un fenómeno cultural que guarda muchas similitudes con la situación descrita por Forman en su «Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927». Esta, no completa, analogía formal, referente a épocas y situaciones diferentes del siglo XX, queda perfectamente clara en la cita siguiente de Toulmin (1971, página 159):

«... de repente, durante la década de 1960, preocupaciones artísticas y académicas cuya autoridad y dominio no habían sido cuestionadas durante cerca de cuarenta años, perdieron su poder de arrastre. Los filósofos de la ciencia profesionales comenzaron a estudiar seriamente el desarrollo histórico de la ciencia,

[5] Esta idea de anacronismo se vio sin duda favorecida por la propia carrera de Butterfield como historiador. En este sentido, merece la pena reproducir unas líneas del artículo que en recuerdo suyo escribió A. Rupert Hall (1981):

«Butterfield fue el más ecléctico de los historiadores. Maquiavelo, la Cristiandad..., Napoleón, los conflictos del siglo XX, la historia de la ciencia; todo llegó a su escrutinio. Se aventuró incluso en la política del reino de Jorge III... Le gustaba explorar un problema histórico que atraía su atención, escribir un libro acerca de ello, y pasar a otra cosa. Rara vez tocó el mismo tema dos veces. Después de que en 1949 apareciese *The Origins of Modern Science,* fue muy presionado para que llevase su estudio de aquel tema más lejos: lo rechazó firmemente..., declinaba el considerarse como algo más que el mayor de los profanos *(outsider)* en esta disciplina.»

[6] Como datos suplementarios digamos que Sarton (1884-1956) estudió química y matemáticas en la Universidad de Gante. Formalmente su carrera como historiador de la ciencia comenzó en 1911 cuando leyó su tesis doctoral sobre *Les principes de la mécanique de Newton* (Sarton, 1911). En 1915 se instaló en los Estados Unidos en donde, después de cuatro años de empleos temporales, obtuvo uno permanente en la Carnegie Institution. En 1940 fue nombrado catedrático de historia de la ciencia en Harvard, en donde había estado dando clases ininterrumpidamente simultáneamente con el desempeño de sus funciones en la Carnegie Institution. En 1912 Sarton fundó la revista *Isis,* que editó y subsidió personalmente durante cuarenta años y a la que añadió en 1936 y para artículos más extensos la en la actualidad desaparecida *Osiris.*

[7] Señalemos que Cohen llevaba ya bastantes años publicando trabajos históricos (ver, p. ej., Cohen, 1940).

los físicos teóricos adquirieron un nuevo pragmatismo; los pintores pasaron de su alejamiento extremo de la representación a un igualmente exagerado resurgimiento del realismo; Mahler ganó terreno a costa de Schoenberg y Webern; mientras que incluso los más puros entre los matemáticos puros encontraban aceptable aficionarse a los computadores. A lo largo de todo el espectro, los eruditos e investigadores volvían a enfrentarse con el mundo histórico, temporal, en todos sus detalles concretos, y las abstracciones específicas, intemporales, de las generaciones anteriores eran desechadas —a veces muy rudamente— como «irrelevantes», si no como 'elitistas'».

Llegamos así a comienzos de la década de 1960, momento en el que tiene lugar un suceso de transcendental importancia para el desarrollo, o mejor dicho, para la institucionalización y popularización de la historia de las ciencias. En 1962 aparece el famoso libro de Thomas S. Kuhn (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*. Y lo que hasta entonces era, tomado en su aspecto mayoritario (los Sarton, Cohen, etc., eran una minoría), un movimiento de *origen filosófico* en pos de un mejor conocimiento histórico de las estructuras y desarrollo de las teorías científicas; esto es, un fenómeno que se desarrollaba dentro de, básicamente, esquemas de pensamiento ajenos inicialmente a la motivación histórica, encuentra finalmente su auténtica justificación metodológica. Es la teoría, más sociológica que lógica, del crecimiento del conocimiento científico, basada en torno al elusivo [8] concepto de paradigma. Kuhn, físico de formación, llega a la metodología desde el campo de la historia (en 1957 había publicado [Kuhn, 1957] *The Copernican Revolution*). Instala, fundiéndolas, la historia en la metodología, y al hacerlo cambia de raíz el espíritu de la problemática anterior a él (en *La estructura de las revoluciones científicas* se defienden tesis, argumentos, *vía* el ejemplo histórico). Kuhn no había leído a Popper [9] cuando escribió *La estructura de las revoluciones científicas*; sin embargo, los discípulos de éste en la London School of Economics and Political Science no podrían ignorar en lo sucesivo las críticas kuhnianas. El prematuramente malogrado Imre Lakatos, sucesor de Popper en su cátedra londinense, sería el principal defensor [10] de la lógica popperiana frente a la inconmensurabilidad de Kuhn. Los mejores frutos de este nuevo frente dentro de la metodología de la ciencia son estudios concretos

[8] Ver en este punto Masterman (1980).

[9] Ver Kuhn (1970).

[10] Una defensa no aceptada, en lo que de original presumía, por Popper, quien repetidamente ha indicado (p. ej., Popper, 1974) que mucho antes que Kuhn y que, naturalmente, Lakatos él había estado presentando en clases y seminarios la llamada metodología lakatosiana de los programas de investigación científica.

(case studies), elaborados bien por Lakatos o por sus discípulos, y que toman especialmente como temas sucesos en la historia de la física: Elie Zahar (1973 a, b) estudia el desarrollo de la relatividad; Lakatos y Zahar (1976), el paso del sistema ptolemaico al copernicano; Peter Clark (1976), el atomismo frente a la termodinámica, y John Worrall (1976 a, b), el desarrollo de la óptica [11].

Casi simultáneamente a la aparición de *La estructura de las revoluciones científicas* tuvo lugar otro suceso de gran importancia para la modernización, mayor profesionalización y, en suma, desarrollo de la historia de la física del siglo XX, y por mimetismo de la historia de las diferentes ciencias y de la física de otros siglos. Me estoy refiriendo al proyecto «Sources for History of Quantum Physics» (Fuentes para la historia de la física cuántica). Es importante señalar que el impulso inicial para llevar adelante este proyecto, el deseo de realizarlo, se debió a los físicos; esto es, fue un movimiento por la historia, nacido dentro de una ciencia natural, la física; algo que por otra parte no es sorprendente: una vez institucionalizada, constituida en ciencia «normal» [12], surge, con el paso de los años, en la comunidad de antiguos protagonistas o testigos de los cambios de visión de la naturaleza (paradigmas, diría Kuhn), o de, simplemente, teorías específicas, el anhelo de que se escriba su historia, el deseo de que se preserven sus documentos. En el proyecto que ahora nos ocupa se trataba de conservar y articular todos aquellos materiales necesarios para poder reconstruir la historia de la física cuántica. Fue financiado por el Comité conjunto, dedicado a la historia de la física teórica en el siglo XX, de la American Physical Society y de la American Philosophical Society. Para supervisar los trabajos se formó un comité de físicos. Allí estaban K. K. Darrow, S. A. Goudsmit, G. Holton, G. E. Uhlenbeck, J. H. Van Vleck y J. A. Wheeler, protagonistas todos —con la excepción de Holton— de la historia de la física cuántica.

Para dirigir los correspondientes trabajos se nombró a Thomas Kuhn, quien, de esta manera, ha centralizado en su persona los, probablemente, dos momentos más significativos para el posterior desarrollo de la historia de las ciencias naturales. Entre febrero de 1962 y mayo de 1964 el equipo del proyecto (Kuhn, John L. Heilbron, ayudante del director, y Paul Forman, editor y archivero, a los que se unía Lini Allen como administrativa) realizó aproximadamente 175 entrevistas a unas 95 personas que habían estado involucradas, direc-

---

[11] Un amplio debate en torno a los puntos de vista defendidos por los metodólogos de la LSE se encuentra en Radnitzky *et al.* (1982).

[12] A pesar de que, ocasionalmente, pueda adoptar la terminología de Kuhn, ello no quiere decir que yo considere su metodología totalmente correcta.

ta o indirectamente, en el desarrollo de la física cuántica. El informe final (Kuhn, Heilbron, Forman y Allen, 1967 [13] muestra la riqueza extraordinaria de los materiales recogidos, que han servido —y seguirán haciéndolo en el futuro— de fuentes primarias indispensables para la elaboración de un gran número de trabajos de investigación.

Inicialmente los documentos recogidos se depositaron en la biblioteca de la American Philosophical Society en Filadelfia, pero duplicados de todo el archivo se han instalado también en las bibliotecas de la Universidad de California, Berkeley, y de la School of Physics and Astronomy, Universidad de Minnesota, Minneápolis, en la Accademia dei XL de Roma, en el Universitets Institut for Teoretisk Fysik de Copenhague y en la biblioteca Niels Bohr del Center for History of Physics de la American Physical Society, Nueva York. Asimismo se encuentran en proceso de instalación duplicados de este archivo en otros países (Deutsches Museum, Munich y Science Museum, Londres).

El ejemplo de «Sources for History of Quantum Physics» ha dado origen a empresas semejantes. *Limitándome (como haré de ahora en adelante) al campo de la historia de la física del siglo XX,* mencionaré los siguientes proyectos:

a) «Sources for the History of Modern Astrophysics» (Fuentes para la historia de la astrofísica moderna).

Ya completado. Llevado adelante por el Center for History of Physics, está depositado en su sede de Nueva York. Se elaboró durante el período 1976-1980, y, entre otros documentos, contiene entrevistas con alrededor de cien astrónomos prominentes. (Para una descripción del proyecto, en la que se incluye la lista de astrónomos entrevistados, véase «Interviews as Sources for History of Modern Astrophysics», *Isis, 72,* 471-477 [1981].)

b) Historia de la física del estado sólido.

En desarrollo en la actualidad. Dirigido, bajo el patrocinio de la American Physical Society, por Lillian Hoddeson del departamento de física de la Universidad de Illinois, Urbana. (Para más información acerca de este programa ver *Newsletter* [Center for History of Physics] *13,* núm. 2, noviembre 1981.)

c) Historia del láser.

En desarrollo. Patrocinado por la American Physical Society, el Laser Institute of America, la Optical Society of America, la IEEE Quantum Electronics and Applications Society, el Center for the

---

[13] Un apéndice, elaborado por el grupo de Berkeley (Heilbron y Wheaton), a este informe, que describe los materiales incorporados desde 1967 a estos archivos, se encuentra en proceso de publicación.

History of Physics y el Center for the History of Electrical Engineering del Institute of Electrical and Electronics Engineers. (Para más información véase Bromberg [1983].)

Proyectos —de carácter muy o relativamente específicos— como los que acabo de mencionar, no han sido el único fruto de una época, una de cuyas características es la del interés de los científicos profesionales por la historia. Así, han surgido archivos dedicados a la búsqueda, recogida y conservación de documentos asociados a disciplinas científicas diversas. Uno de ellos es, por ejemplo, el Contemporary Scientific Archives Center de Oxford, fundado por Margaret Gowing, quien en la actualidad es «Directora honoraria», siendo la «Directora ejecutiva» Jeannine Alton (para más información acerca de este centro véase Gowing [1979]). Abundan asimismo las publicaciones en las que se indican los lugares en donde se encuentran depositados diferentes manuscritos. En el campo de la historia de la física contemporánea son de gran interés las siguientes:

i) *A Selection of Manucript Collections at American Repositoires,* preparada por Joan Warnow (1969).

ii) El ya mencionado *Sources for History of Quantum Physics* (Kuhn *et al.* 1967), en donde no sólo se informa acerca de los fondos incluidos en este proyecto, sino también acerca de los documentos depositados en muchos otros archivos.

y iii) Una referencia incompleta, pero valiosa, en la que se ofrece una panorámica acerca de la situación existente en diferentes países y archivos es la siguiente:

«Symposium 7. Problems of Source Materials in the History of Science».

En *Human Implications of Scientific Advance* (Proceedings of the XVth International Congress of the History of Science, 1977), E. G. Forbes, ed. págs. 371-440 (Edinburgh University Press, Edimburgo, 1978).

Incluye contribuciones de A. L. Norberg (acerca de los archivos de Berkeley), C. Weiner (Nueva York), J. R. Goodstein (California Institute of Technology), G. Beaujouan (París), M. L. R. Bonelli y T. Settle (Italia) y Z. Wardeska (Polonia).

2. *Paul Forman, historiador de la física contemporánea*

Nada más lógico en una introducción que el esbozar una breve semblanza del autor del trabajo que se presenta, mucho más si, como

es el caso en esta ocasión, éste es prácticamente desconocido en el medio cultural hispano; ignorancia de la que, por cierto, no hay sino que avergonzarse.

Diré en primer lugar que Paul Forman es uno de los principales exponentes de la generación de historiadores de la física moderna que surgieron en los Estados Unidos a finales de la década de los sesenta. Formado, como John Heilbron, otro —todavía más fructífero y activo— historiador de dicha generación, en el entorno de Kuhn, entonces en Berkeley, y de A. Hunter Dupree, responsable, según el propio Forman, de gran parte de su interés en los factores sociales, la carrera de Forman se ha centrado hasta el momento casi exclusivamente en el análisis y reconstrucción de la física alemana de las primeras décadas del siglo XX, y en especial del período de la República de Weimar.

Natural de Filadelfia (1937), Forman se doctoró en historia en 1967 (ver trabajo núm. 1 a continuación) por la Universidad de California, Berkeley. Con anterioridad había participado en el proyecto, ya mencionado, «Sources for History of Quantum Physics». No cabe duda de que la experiencia e información que adquirió de esta manera ha sido muy importante para el desarrollo de su carrera.

De 1967 a 1972 enseñó historia de la ciencia en la Universidad de Rochester, pasando a continuación al National Museum of History and Technology (en la actualidad Museum of American History) de la Smithsonian Institution, Washington D. C., donde en la actualidad ocupa el puesto de *curator* (conservador) de física moderna. A señalar que es desde hace pocos años miembro del consejo editorial de *Historical Studies in the Physical Sciences*.

Al margen de la calidad y erudición de sus trabajos hay un aspecto de la labor de Forman, una característica en su enfoque[14] de la historia de la física que merece ser resaltado, aunque de hecho ya lo mencioné al comienzo de mi introducción. Se trata de la gran atención que dedica a factores de tipo «externo». Es la suya una historia en la que se analizan muy especialmente medios y factores económicos o políticos (publicaciones núms. 1, 9, 10 y 11), organizaciones, instituciones y publicaciones científicas (trabajos núms. 1, 5, 9 y 11), o la influencia de los valores culturales en el desarrollo de la ciencia (publicaciones 1, 8, 12 y 13), sin que todo esto signifique, naturalmente, que se haya olvidado de la historia, más tradicio-

[14] El concepto que Forman tiene de la historia de la ciencia aparece de manera, en *algunos* aspectos, más precisa en su tremendamente (aunque no injusta) crítica recensión de la historia de la teoría cuántica de Mehra y Rechenberg (Forman, 1983). Ver, en este mismo sentido, la introducción de Forman (1970).

nal, más «interna» que social (trabajos 1, 4, 6 y 7). De hecho, en casi todos sus trabajos aspectos internos y externos se combinan en busca de una historia «total».

A continuación voy a presentar, comentada muy sucintamente y, desde luego, de forma desigual, la lista de publicaciones de Forman que yo conozco [15], con la intención —presente a lo largo de toda mi introducción— de orientar y facilitar la tarea de todos aquellos lectores interesados en la historia de la física contemporánea, y que, sin embargo, no disponen de las facilidades necesarias.

PUBLICACIONES DE FORMAN

1. *The Environment and Practice of Atomic Physics in Weimar Germany: A Study in the History of Science.*

Tesis doctoral, 489 págs. (University of California, Berkeley 1967. Reproducida por University Microfilms International, Inc., Ann Arbor, Michigan, ref. 68-10, 322).

En este trabajo, fuente de varias de sus publicaciones posteriores, Forman reconstruye el medio político, económico e institucional en el que se practicaba la física en la Alemania de después de la Primera Guerra Mundial. Da vida así a las diferentes instituciones académicas de la época. En particular, describe la organización y jerarquización dentro de las universidades; por ejemplo, los puestos existentes (los *Privatdozenten,* o los autocráticos *Ordinarius* que disponían de casi ilimitada libertad para elegir a sus subordinados y distribuir las facilidades y presupuestos de *su* instituto, etc.). Asimismo, discute temas como las revistas de física en base a las sociedades científicas que las patrocinaban y a las actitudes políticas de éstas, y otros más generales, como las condiciones económicas prevalecientes, fuentes de financiación para la investigación, o actitudes gubernamentales y públicas hacia la ciencia.

Dentro del contexto que acabo de mencionar, Forman aborda un problema particularmente interesante: ¿Cómo una nación que acababa de ser derrotada, que se encontraba discriminada hasta el ostracismo en las relaciones internacionales, que se hallaba agitada drásticamente por una revolución política y social, con una clase media progresivamente empobrecida y con una sociedad en la que brotó un notorio antagonismo hacia la ciencia, pudo, no obstante, haber ido tan por encima de las restantes naciones en lo que se refiere a sus

[15] No incluyo sus, muy numerosas, recensiones de libros.

contribuciones al desarrollo de la física atómica durante el período 1919-1926?

La última parte de la tesis de Forman describe dos episodios en la carrera de Alfred Landé durante el período 1919-1922. El primero es su descubrimiento, en marzo de 1921, del análisis teórico-cuántico del efecto Zeeman anómalo. Describe cómo Landé llegó a este problema y el aparato conceptual de que disponía, haciendo hincapié en el papel que jugaron las relaciones personales. El segundo episodio descrito es el del nombramiento, en 1922, de Landé como *Extraordinarius* en Tubinga. Se ilustra ahí cómo afectaron a un físico concreto las condiciones, instituciones y actitudes descritas en la primera parte de la tesis.

2. *Sources for History of Quantum Physics. An Inventory and Report* (en colaboración con T. S. Kuhn, J. L. Heilbron y L. Allen), 176 págs. (The American Philosophical Society, Filadelfia, 1967).

3. «The Doublet Riddle and Atomic Physics circa 1924». *Isis 59*, 156-174 (1968).

Se describe aquí cómo y por qué surgió un convencimiento que a la postre resultó erróneo: el de que el efecto Zeeman anómalo revelaba la verdadera mecánica cuántica del *átomo* (hoy sabemos que, por el contrario, está ligado a una propiedad intrínseca del electrón). Dicho convencimiento no nació con la explicación teórico-cuántica que Landé dio en 1921 a aquel efecto (en 1920 Bohr y Sommerfeld, por ejemplo, ya creían que estaba íntimamente relacionado con la estructura atómica), pero sí que se vio reforzado durante algunos años, según explica Forman, por aquel análisis. En este sentido el efecto Zeeman anómalo permaneció en el mismo centro de la física teórica durante un período de extraordinaria actividad que culminó con el descubrimiento de la mecánica cuántica y el espin del electrón.

4. «Why Was it Schrödinger Who Developed de Broglie's Ideas?» (con V. V. Raman). *Historical Studies in the Physical Sciences 1*, 291-314 (1969).

En el caso de este artículo, lo mismo que en el del siguiente, el título es lo suficientemente explícito como para saber el tema que aborda. Diré únicamente que las principales razones aducidas por Forman y Raman para justificar el por qué fue Schrödinger, quien

desarrolló las ideas de De Broglie para formular así en 1926 la mecánica ondulatoria giran en torno al hecho de que hacia 1925 los intereses científicos de Schrödinger diferían bastante de los de la mayoría de sus colegas europeos:

1) Estaba sólo marginalmente ocupado en la espectroscopía teórica, razón por la cual los trabajos de 1924 de Louis de Broglie no le resultaban sospechosos (la reputación de De Broglie entre los espectroscopistas teóricos era muy mala debido a algunos trabajos suyos); 2) como Einstein y De Broglie, Schrödinger no se inclinaba por el punto de vista de la escuela de Copenhague, y 3) Schrödinger compartía intereses científicos con De Broglie, en particular la estadística cuántica, la mecánica relativista y los métodos de Hamilton.

5. «The Archive of Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig: Correspondence of Nineteenth-century Physical Scientists, especially German Chemists». *Isis 60,* 384-386 (1969).

6. «The Discovery of the Diffraction of X-Rays by Crystals; a Critique of the Myths».
Archive for History of Exact Sciences, 6, 38-71 (1969).

Ofrece Forman en este artículo un examen crítico de las reconstrucciones (pseudo-)históricas que diversos físicos especialistas (en especial P. P. Ewald) han hecho del descubrimiento de la difracción de rayos X por cristales, realizado en Munich en abril de 1912 por Walter Friedrich y Paul Knipping, que seguían las indicaciones de Max von Laue. Se abordan preguntas como ¿por qué Munich?, y temas como el de las dificultades conceptuales que hubo que salvar para llegar a tal descubrimiento.

A continuación del artículo de Forman aparece otro en el que Ewald critica a su vez a aquél,

P. P. Ewald
«The Myth of Myths; Comments on P. Forman's paper on 'The Discovery of the Diffraction of X-Rays in Crystals'».
Archive for History of Exact Sciences. 6, 72-81 (1969).

7. «Alfred Landé and the Anomalous Zeeman Effect, 1919-1921».
Historical Studies in the Physical Sciences, 2, 153-261 (1970).

En este artículo, en parte ya contenido en su tesis doctoral, Forman describe la secuencia de sucesos que llevaron a Alfred Landé a dar una explicación teórico-cuántica del efecto Zeeman anómalo en 1921. Es esta una investigación difícil, técnica en general, que nos

lleva a través de diferentes temas como, por ejemplo, las primeras investigaciones, a partir de 1918, en la teoría cuántica del átomo en el sentido de Sommerfeld; los intentos del propio Sommerfeld en 1919-1920 de explicar aquel efecto; la competición de Landé con Ernst Back, o las reglas empíricas de Landé de diciembre 1920-febrero 1921, para llegar al trabajo final de marzo de 1921.

Incluye además este artículo un valioso apéndice que contiene diversas cartas intercambiadas entre varios científicos (en su mayoría tienen a Landé como uno de los destinatarios) durante el período que va de febrero a marzo de 1921 y con el efecto Zeeman anómalo como principal tema de discusión.

8. «Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment».
Historical Studies in the Physical Sciences. 3, 1-115 (1971).

Artículo objeto del presente libro. Incluyo algunos comentarios sobre él en la próxima sección.

9. «Scientific Internationalism and the Weimar Physicists: The Ideology and its Manipulation in Germany after World War I».
Isis 64, 151-180 (1973).

Los títulos de este y del siguiente artículos son lo suficientemente indicativos. Señalaré únicamente que son piezas de extraordinario valor para una comprehensión global de la producción científica durante la República de Weimar. Retoman y amplían temas ya abordados en su tesis doctoral.

10. «The Financial Support and Political Alignment of Physicists in Weimar Germany».
Minerva 12, 39-66 (1974).
Existe versión al italiano:
«L'Appoggio economico ai fisici tedeschi durante la Republica di Weimar e lo spettro loro posizioni politiche», en *Fisica e società negli anni '20,* págs. 278-308 (CLUP-CLUED, Milán, 1980).

11. «Physics circa 1900. Personnel, Funding, and Productivity of the Academic Establishments» (en colaboración con John L. Heilbron y Spencer Weart).
Historical Studies in the Physical Sciences 5, 1-185 (1975).

Monografía de excepcional importancia en la que se comparan en una base multinacional la potencia humana, financiación y productividad investigadora en la física hacia 1900. Su enfoque estadístico permite establecer cuantitativamente la escala e índice de crecimiento de la actividad desarrollada entonces en la física. Se ofrecen datos tan esenciales como, por ejemplo, el número de estudiantes en, entre otros países, Francia, Alemanía, Austria, Italia, Japón, Países Escandinavos y Estados Unidos, o bien el número de puestos académicos existentes en un amplísimo número de universidades.

Esta aproximación a la historia de la física está siendo continuada en la actualidad por el grupo de Berkeley dirigido por Heilbron. En este sentido, uno de sus proyectos en desarrollo es el de almacenar y analizar mediante computador toda la información que pueden obtener (educación, carrera, publicaciones...) acerca de aquellos individuos que ostentaban cátedras de física o de disciplinas afines en las instituciones europeas de educación superior o investigación durante el siglo XIX. Se trata de explotar las facilidades electrónicas actuales que permiten estudiar de manera semiautomática, por ejemplo, la evolución del patrón carrera académica o los cambios y tendencias en las teorías y experimentos de la física [16].

12. «The Reception of an Acausal Quantum Mechanics in Germany and Britain».
En *The Reception of Unconventional Science*, Seymour H. Mauskopf, ed., págs. 11-50 (Westview Press, Boulder 1978).

Este trabajo es en realidad una pequeña extensión de «Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927». Si en aquella investigación Forman consideraba muy especialmente el medio ambiente prevaleciente en Alemania a raíz de la derrota en la Primera Guerra Mundial, en este nuevo ensayo aborda la recepción dada a la nueva, y acausal, mecánica cuántica en Alemania y en Gran Bretaña durante el período (1925-1927) *inmediatamente posterior* a su descubrimiento. De hecho, esta investigación puede considerarse como una contribución al viejo problema de Merz y de Duhem: la caracterización de diferentes comunidades científicas nacionales.

La conclusión a la que llega Forman en el caso alemán no es, en modo alguno, sorprendente para todo aquel que haya leído «Weimar Culture...»: en Alemania, el indeterminismo implícito en la nueva mecánica fue reconocido y adoptado inmediatamente por un número

[16] Ver Heilbron y Feldman (1981).

significativo de físicos. Ello constituía una expresión de su deseo por conseguir el que su disciplina fuese considerada más favorablemente por parte del público; es decir, la aceptación del indeterminismo cuántico en Alemania resulta ser —según Forman— una manifestación del ansia de los científicos por amoldar las ciencias exactas al espíritu de la época, al *Zeitgeist* dominante.

Más original, aunque también más superficial, es la parte dedicada a Gran Bretaña. La conclusión en este caso es que, al contrario de lo que sucedía en Alemania, el medio ambiente intelectual no ejercía presiones sobre los físicos británicos y la causalidad no fue un tema importante con anterioridad a 1925, por lo que el contenido epistemológico de la mecánica cuántica fue sencillamente pasado por alto, siendo aceptados de manera acrítica su formalismo y la interpretación comúnmente aceptada.

13. «*Kausalität, Anschaulichkeit* e *Individualität:* overo, come i valori culturali prescissero il carattere e gli insegnamenti attributi alla mecanica quantistica».
En *Fisica e società negli anni'20,* págs. 15-34 (CLUP-CLUED, Milán, 1980).
Existen traducciones al alemán y al inglés:
«Kausalität, Anschaulichkeit und Individualität oder wie Wesen und Thesen, die der Quantenmechanik zugeschrieben, durch kulturelle Werte vorgeschrieben wurden».
En *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie,* Sonderheft 22: *Wissenssoziologie,* N. Stehr y V. Meja, eds., páginas 393-406 (Wiesbaden: Westdeutscher V., 1980).
«*Kausalität, Anschaulichkeit,* and *Individualität,* or How Cultural Values Prescribed the Character and the Lessons Ascribed to Quantum Mechanics».
En *Society and Knowledge. Contemporary Perspectives in the Sociology of Knowledge,* N. Stehr y V. Meja, eds., págs. 333-347 (Transaction Books, New Brunswick, 1984).

Este artículo trata del carácter de la mecánica cuántica y del alcance filosófico que los físicos la otorgaban; todo ello en relación con el entorno ideológico e intelectual de la Europa central germanoparlante. La discusión procede según tres niveles. En cada uno de ellos se examina la manera en que los físicos contemporáneos, y en particular los creadores de la teoría, relacionaron ésta con un concepto filosófico o, mejor, con un valor cultural clave: *Kausalität* (causalidad), *Anschaulichkeit* (visualización o intuición a través de modelos

mecánicos[17] e *Individualität* (individualidad). Con respecto a cada uno de estos tres conceptos Forman procede de la manera siguiente:

(A): Se analiza el carácter «verdadero» de la mecánica cuántica con respecto al concepto en cuestión.

(B): Se estudian el carácter, alcance filosófico o implicaciones de visión de la naturaleza que, históricamente, los físicos han defendido para la mecánica cuántica con respecto al concepto tratado.

(C): Aquí se abordan los factores culturales ideológicos responsables de la discrepancia entre (A) y (B), entre el carácter «verdadero» y el adscrito.

Merece la pena mencionar también una serie de trabajos menores de Forman, fruto más de su trabajo como «curator» en el National Museum of American History que de sus inquietudes como investigador. Son estos trabajos los siguientes: i) «Atom Smashers. Fifty Years. Preview of an Exhibit on the History of High Energy Accelerators», IEEE Transactions on Nuclear Science NS-24, 1896-1899 (1977); ii) «The Atom Smashers» *The Smithsonian Book of Invention,* págs. 132-139 (Nueva York, 1978); iii) *Einstein. A Centenary Exhibition* (en colaboración con Paul Hanle), 48 págs. (Smithsonian Institution Press, Washington D. C., 1979); iv) «Einstein and Newton: Two Legacies», *The Wilson Quaterly,* número de invierno, 107-114 (1979); v) «The Fall of Parity», The Physics Teacher, 281-288 (mayo de 1982); vi) «Atomic Clocks'. Preview of an Exhibit at the Smithsonian», *Proceedings of the 36th Annual Symposium on Frecuency Control 1982,* págs. 220-222 (U. S. Army Electronics Research and Development Command).

Además de los trabajos que acabo de mencionar, Forman ha contribuido con diversos artículos al *Dictionary of Scientific Biography* (Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1970-1980), monumental tratado en 16 tomos, editado bajo la dirección de Charles C. Gillespie. Dichos artículos, verdaderas contribuciones originales a la historia de la física, son los siguientes:

14. «Back, Ernst E. A.».
    Vol. 1, 370-371.

[17] Es difícil traducir *Anschaulichbkeit.* Ver en este sentido, además de los comentarios de Forman en este trabajo, el reciente artículo de Miller (1982).

15. «Bragg, William Henry».
Vol. 2, 397-400.

16. «Duane, William».
Vol. 4, 194-197.

17. «Ornstein, Leonard Salomon».
Vol. 10, 235-236.

18. «Paschen, Louis Carl Heinrich Friedrich».
Vol. 10, 345-350.

19. «Ritz, Walter».
Vol. 11, 475-481.

20. «Runge, Carl David Tolmé».
Vol. 11, 610-615.

21. «Smekal, Adolf Gustav Stephan».
Vol. 12, 463-465.

22. «Sommerfeld, Arnold (Johannes Wilhelm)».
(En colaboración con A. Hermann.)
Vol. 12, 525-532.

(No he incluido en esta bibliografía de Forman una comunicación que presentó al Congreso internacional de historia de la ciencia celebrado en 1968: «The Discovery of the Diffraction of X-Rays by Crystals: Why Munich, Which X-Rays?», *Actes* I, 23-27 (1971), ya que ésta no es sino un resumen de la publicación núm. 6.)

3. *«Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927»*

En esta sección voy a referirme al trabajo de Forman que protagoniza este libro. Intentaré no caer en lo que, en mi opinión, es un grave defecto: tratar de sustituir el discernimiento, cabal e independiente, del lector. Aquí está libro, y que cada cual, al leerlo, saque sus conclusiones. En lo que a mí se refiere sólo pretendo:

1. Subsanar lo que, al verse aumentada su audiencia, se convierte en una limitación del ensayo de Forman: suponer una cierta familiaridad con la historia de la República de Weimar.

Es posible que éste no sea siempre el caso y el presentar brevente a aquella famosa república puede ser de utilidad para algunos lectores.

2. Mencionar las que han llegado a denominarse «tesis de Forman»; esto es, lo que la comunidad de historiadores de la ciencia ha venido a identificar como las pretensiones de Forman con su trabajo.

3. Finalmente, y para situar al lector en el contexto actual, mencionaré las críticas que en el curso de los doce años que han pasado desde la publicación de «Weimar Culture...» han sufrido las susodichas tesis de Forman.

1. *La República de Weimar*[18]

Los últimos momentos de la Primera Guerra Mundial significaron para Alemania una acumulación progresiva de situaciones revolucionarias de las que nacería, pocos meses después, la República de Weimar. Hay que reconocer, no obstante, que en el fondo estas «situaciones revolucionarias» surgieron no tanto de presiones políticas como del cansancio y desmoralización producidos por la guerra[19]. Tras cuatro años de lucha brutal, la inminente e ineludible derrota constituyeron un *shock* de consecuencias fulminantes.

La pérdida efectiva de poder de líderes como Ludendorff y Hindenburg y el hecho de que las masas considerasen al Kaiser como el motivo de sus desgracias pasadas y presentes y como el obstáculo más importante para la firma de un armisticio con las Potencias Aliadas, hizo que el orden establecido colapsara virtualmente. El 28 de octubre, 1918, la flota alemana se negaba a zarpar de Kiel; los marineros izaban banderas rojas. La rápida difusión a través de toda Alemania de consejos de trabajadores y soldados que seguían el modelo de la reciente revolución rusa, confirmó que las masas alemanas también tenían fines —o al menos ansias— políticos.

En esta situación, el Kaiser abdicaba, huyendo a Holanda con su familia. El 9 de noviembre de 1918, los ministros socialdemócratas que habían entrado por primera vez en el gobierno del Reich un

[18] Un breve, pero útil, estudio de la República de Weimar es Hiden (1974).

[19] En este sentido, merece la pena recordar la siguiente sentencia del historiador inglés G. P. Gooch (1926): «La democracia alemana, que nació en las trincheras e inspiró la revolución, encontró expresión permanente en la Constitución de Weimar».

mes antes, proclamaban la República. El día 10 se constituía un nuevo gobierno. El 11 se firmaba el armisticio que acababa con la Primera Guerra Mundial.

En enero de 1919 estallaba en Berlín una rebelión espartaquista que fue reducida con dureza por el gobierno provisional socialdemócrata. Rosa Luxemburgo y Karl Liebknecht, los líderes de la Liga Espartaquista, eran asesinados por un grupo de oficiales derechistas. En esta situación se celebraron las elecciones para una Asamblea Nacional. El partido socialdemócrata no obtuvo la mayoría necesaria y tuvo, por consiguiente, que coaligarse con demócratas y centristas. Ebert fue nombrado primer presidente de la República. Como Berlín se consideraba una ciudad demasiado peligrosa, la Asamblea Nacional se instaló en Weimar. Era la «República de Weimar», cuya constitución fue aprobada el 31 de julio de 1919.

La nueva República se encontró inmediatamente con un conjunto de circunstancias que hicieron todavía más profunda la herida producida por la derrota. Las condiciones que estableció el Tratado de Versalles (firmado el 28 de junio de 1919) fueron consideradas como una afrenta por la mayoría del pueblo alemán [20]. Belgas, británicos, americanos y franceses ocuparon el territorio alemán al oeste del Rhin, ocupación que debería irse deshaciendo gradualmente en tres etapas a lo largo de quince años. El Saar dejaba de ser administrado por Alemania también durante quince años, al cabo de los cuales un referéndum decidiría su destino. Los alemanes se veían obligados a tratar a la por ellos tanto tiempo dominada Polonia, como si fuera una gran potencia.

A todo esto hay que unir otros hechos, como, por ejemplo, el que franceses y belgas ampliasen en varias ocasiones la extensión del territorio que ocupaban como venganza por infracciones al Tratado de Versalles. (La más seria de estas acciones fue la ocupación de la región del Ruhr desde el 11 de enero de 1923 hasta finales de 1924.)

En el ámbito intelectual cabe mencionar el durísimo tratamiento, tan magistralmente descrito por Brigitte Schroeder-Gudehus (1978), que los científicos franceses, especialmente, e ingleses y americanos otorgaron a sus colegas germanos. Así tenemos, por mencionar algún

[20] Einstein —un alemán (nacionalizado suizo) poco típico— era una de las excepciones. Así, el 4 de junio de 1919 escribía a Max Born desde Berlín en los siguientes términos:

«Yo no considero la situación política de manera tan pesimista como usted. Las condiciones son severas, pero nunca se verán realizadas. Servirán más para satisfacer a los ojos de sus [esto es, de Born] «enemigos» que a su estómago. Ludendorff era sin duda mucho peor que los parisinos. Los franceses no se agitan más que bajo el imperio del temor; Ludendorff sí que tenía ambiciones napoleónicas...» (Einstein y Born, 1972, pág. 26).

ejemplo, que los alemanes fueron excluidos oficialmente del International Research Council, organización creada por los aliados para coordinar y agrupar a las asociaciones científicas internacionales. Sus estatutos sólo fueron modificados de manera que las Potencias Centrales pudiesen ser admitidas, en el verano de 1926, después de que fuese acordada en principio la admisión de Alemania en la Sociedad de las Naciones. Asimismo, de hecho, aunque no formalmente gracias a la intervención de H. A. Lorentz, los alemanes fueron excluidos del Institut International de Physique Solvay, en cuya organización (Nernst y Planck, sobre todo) y dos primeros congresos —celebrados antes de la guerra— habían desempeñado un papel dominante [21].

Todos estos factores, junto a otros muchos, configuran parte del papel que la República de Weimar —que se desintegraría con el ascenso del nazismo— desempeña en el ensayo de Forman. Sirvan, espero, estas apretadas y concisas líneas para su mejor comprensión.

2. *Las tesis de Forman* [22]

Los principios que guían la línea de argumentación de Forman en «Weimar Culture...» se pueden agrupar en forma de tres tesis o niveles de discusión sucesivos:

a) El ambiente intelectual existente en Alemania durante los años 1918-1927 era *lebensphilosophische*, antirracionalista; esto es, estaba dominado por una, neorromántica y existencialista, filosofía de la vida, y por un sentimiento de repulsa hacia el positivismo, mecanicismo y materialismo. Representante de este ambiente, y especialmente influyente, fue el libro de Spengler, *La decadencia de Occidente*.

b) Como consecuencia de la presión socio-intelectual a que se veían sometidos, se produjo entre los físicos y matemáticos alemanes una reacción de adaptación a los valores dominantes en la sociedad de Weimar. Argumentos como los de sus aplicaciones técnicas o militares dejaron de ser utilizados para defender la actividad científica, pasándose a razonar en términos de capacidades creativas «vitales» y «espontáneas».

c) Existió, como consecuencia de todo lo anterior, un amplio movimiento entre los físicos alemanes encaminado a abandonar el

[21] Los físicos alemanes no volvieron a participar en los congresos Solvay hasta el celebrado en 1927 (¡que tenía por tema la nueva mecánica cuántica!).

[22] Ver Hendry (1980) y Radder (1983).

principio de causalidad, que caracterizaba y resumía, de acuerdo a las ideas spenglerianas, todo lo que de repudiable y analítico tenía la ciencia física. En este sentido, Forman concluye que los factores internos no son suficientes para comprender la introducción de la acausalidad en la física antes de la llegada de la mecánica cuántica en los años 1925 y 1926: «... el movimiento para prescindir de la causalidad en la física» —escribe en «Weimar Culture...»— «fue primordialmente un esfuerzo de los físicos alemanes para adaptar el contenido de su ciencia a los valores de su medio ambiente intelectual».

3. *Críticas a Forman*

Todo trabajo, por muy fundamental que sea, como es el caso con «Weimar Culture...», tiene limitaciones, recibe críticas. Es más, uno de los índices que ayudan a medir la grandeza e interés de una investigación es el número de comentarios, de trabajos basados en ella que genera a lo largo de los años. En este sentido hay que decir que el interés, la novedad conceptual y metodológica del ensayo de Forman no ha disminuido en absoluto. Continúa siendo, más de doce años después de su aparición, una investigación de importancia fundamental en el campo de la historia de la física del siglo XX. Todo ello no obsta, naturalmente, para que algunas de sus tesis hayan sido criticadas, o incluso rechazadas. En este sentido remito al lector interesado a tres trabajos, de John Hendry (1980), de Hans Radder (1983) y de P. Kraft y P. Kroes (1984)[23]. En términos generales se puede decir que mientras que Radder es más bien «revisionista», Hendry y Kraft-Kroes, por el contrario, se oponen claramente a, especialmente, la tercera de las tesis de Forman.

En lo que se refiere a Hendry tenemos que sus argumentos se apoyan en el hecho de que el concepto de causalidad ya llevaba bastantes años en candelero entre los físicos cuando se inició el período de Weimar; afirma así que los desarrollos *internos* de la teoría cuántica pre-1925 habían sometido a la causalidad a presiones bastante fuertes. Para Hendry, por consiguiente, la introducción de la acausalidad en la física cuántica fue una consecuencia de desarrollos internos de la propia disciplina y uno no debería dejarse engañar, como piensa él que ocurre con Forman, por el hecho de que se abandonaran los argumentos de utilidad al defender el valor de la ciencia, ya que esta

[23] Un cuarto trabajo de Jon Dorling, presentado ante la British Society for the History of Science en julio de 1976, nunca llegó a publicarse.

adaptación *pública,* «de puertas hacia afuera», a los valores sociales hegemónicos durante la República de Weimar no implicaba una adaptación en el *contenido* real de la ciencia, en los fines que los científicos pretendían conseguir con el ejercicio profesional de su actividad.

Pasando ahora al artículo de Kraft y Kroes, quienes, como Hendry, rechazan rotundamente las principales conclusiones de Forman, nos encontramos con, entre otras, las siguientes críticas: i) Forman da un peso excesivo al papel jugado por grupos, asociaciones, etcétera, universitarias sí, pero formadas principalmente por personas sin la formación *técnica* suficiente como para poder entender el contenido de las nuevas teorías o propuestas físicas. Este comportamiento contrasta con el hecho de que Forman no toma en cuenta las *Reden* (comunicaciones) presentadas ante audiencias de *científicos profesionales.* De hecho, Kraft y Kroes argumentan que cuando se hace esto se obtienen conclusiones que no se pueden reconciliar con las de Forman; ii) ¿por qué, si existía ese «prestigio negativo» del que constantemente habla Forman, las ciencias físicas tuvieron una financiación tan alta durante el período en cuestión?; y iii) Forman suponen aparentemente que *cuantos* y *acausalidad* son lo mismo, pero esto sólo fue así *después* de 1927; más aún, teorías como la de Bohr-Kramers-Slater, que contenían propuestas de mecanismos acausales, no fueron bienvenidas, como Forman supone, por los físicos alemanes.

Muchas son, naturalmente, las cuestiones que intervienen en discusiones como éstas. Los puntos que Hendry, Kraft y Kroes señalan son, en mi opinión, interesantes y sólidos (como también lo son los de Radder, preocupado éste por la extensión de las tesis de Forman a científicos no alemanes; el holandés Kramers en su caso —una extensión que debilita de hecho las conclusiones de Forman—), pero cuando se discute una cuestión de *grado* (Forman dice que los factores internos *no son suficientes,* no que no existiesen) es menester profundizar con mayor cuidado y detalle en los diferentes temas y personalidades implicadas, sin olvidarnos de que el propio Forman ha precisado más algunas de sus ideas en el artículo núm. 13 («*Kausalität, Anschaulichbkeit,* and *Individualität*...»). Y alegrémosnos de que ocurra todo esto, ya que abrir vías para profundizar y precisar es, precisamente, uno de los objetivos principales de toda investigación.

Para concluir me gustaría incluir una nota de carácter personal como traductor del libro de Forman. El texto en castellano de «Wei-

mar Culture...» no es todo lo fluido que a mí me hubiese gustado. El estilo de Forman es complicado y personal, oscuro en ocasiones, y asumiendo los riesgos que ello conlleva, he optado por no intentar traicionar su forma de expresión. Hay, en una reseña que José Ortega y Gasset publicó en 1923 de la traducción de García Morente de, ¡precisamente!, *La decadencia de Occidente,* unas frases que creo se pueden aplicar también a mi traducción, salvando, naturalmente, todas las diferencias que existen en favor de García Morente. No me resisto a citarlas [24]:

«Sólo añadiré dos palabras sobre esta traducción. El señor García Morente ha hecho un enorme y cuidadoso esfuerzo para conseguir transvasar al odre castellano la prosa de Spengler. El estilo del autor, su terminología son tan bravamente tudescos [en el caso de Forman se trata, por supuesto, del inglés, de *su* inglés, tan personal], que no era empresa dulce hallar sus equivalencias españolas... Hoy, al ofrecer [esta versión] al público, me complace, sin embargo, pensar que sin hallarse exenta de defectos esta adaptación del libro alemán conserva fielmente el sentido y aún el gesto literario del original sin perder nada de su claridad. Cuando esta falta puede el lector estar seguro de que no sobra en el texto alemán, y si alguna frase es equívoca en español, lo es también, y con idéntica ambigüedad, en tudesco».

JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

[24] J. Ortega y Gasset, «A 'La decadencia de Occidente', de Oswald Spengler» (1923), en *Obras Completas,* vol. VI, págs. 309-311 (Alianza, Madrid, 1983).

REFERENCIAS

BERNAL, J. D. (1939), *The Social Function of Science* (Routledge and Kegan Paul, Londres).

BROMBERG, J. (1983), «The Laser History Project», *Newsletter* (Center for History of Physics), *15*, No. 1, mayo.

BUTTERFIELD, H. (1949), *The Origins of Modern Science, 1300-1800* (G. Bell and Sons, Londres; hay traducción al castellano en Taurus).

CLARK, P. (1976), «Atomism versus Thermodynamics», en Howson, ed. (1976), págs. 41-105.

COHEN, I. B. (1940), «The First Explanation of Interference», *Am. Journ. of Phys, 8,* 99-106.

COHEN, I. B. (1956), *Franklin and Newton* (The American Philosophical Society, Filadelfia).

EINSTEIN, A. y M. BORN (1927), *Correspondance 1916-1955* (Editions du Seuil, París; existe traducción al castellano en Siglo XXI).

FARRINGTON, B. (1936), *Science in Antiquity* (Londres).

FORMAN, P. (1970), «Alfred Landé and the Anomalous Zeeman Effect, 1919-1921», *Hist. Stud. Phys. Sci.,* 2, 153-261.

FORMAN, P. (1983), «A Venture in Writing History», *Science, 220,* 824-827.

GOOCH, G. P. (1926), *Germany* (Benn, Londres).

GOWING, M. (1979), «The Contemporary Scientific Archives Centre», *Notes and Records of the Royal Society, 34,* 123-131.

HALL, A. R. (1981), «Eloges: Sir Herbert Butterfield, 7 October 1900 — 20 July 1979», *Isis, 72,* 90-91.

HEILBRON, J. L. y B. R. WHEATON (1981), *Literature on the History of Physics in the 20th Century* (University of California, Berkeley).

HEILBRON, J. L. y T. S. FELDMAN (1981), «An Electronic Prosopography of the European Physics Professionate in the 19th Century», *Proceedings of the 16th International Congress of the History of Science A,* pág. 138 (Publishing House of the Academy of the Socialist Republic of Romania, Bucarest).

HENDRY, J. (1980), «Weimar Culture and Quantum Causality», *History of Science, 18,* 155-180.

HESSEN, B. (1971), «The Social and Economic Roots of Newton's 'Principia'», en *Science at the Cross Roads* (1971), págs. 146-212.

HIDEN, J. W. (1974), *The Weimar Republic* (Longman, Londres).

HOWSON, C., ed. (1976), *Method and Appraisal in the Physical Sciences* (Cambridge University Press, Cambridge).

KRAFT, P., P. KROES (1984), «Adaptation of Scientific Knowledge to an Intellectual Environment. Paul Forman's Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Analysis and Criticism», *Centaurus,* 76-99.

KUHN, T. S. (1957), *The Copernican Revolution* (Harvard University Press, Cambridge, Mass.; existe traducción al castellano en Ariel).

KUHN, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions* (The University of Chicago Press, Chicago; existe traducción al castellano en Fondo de Cultura Económica).

KUHN, T. S. (1970), «Logic of Discovery or Psychology of Research?», en Lakatos y Musgrave, eds. (1970), págs. 1-24.

KUHN, T. S.; J. L. HEILBRON, P. L. FORMAN y L. ALLEN (1967), *Sources for History of Quantum Physics. An Inventory and Report* (The American Philosophical Society, Filadelfia).

LAKATOS, I. y A. E. MUSGRAVE, eds. (1970), *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge University Press, Cambridge; existe traducción al castellano en Grijalbo).

LAKATOS, I. y E. ZAHAR (1976), «Why did Copernicus's Research Programme Supersede Ptolomey's?», en *The Copernican Achievement,* R. Westman, ed., págs. 354-383 (University of California Press, Los Angeles). Existe una traducción al castellano del artículo en I. Lakatos, *La metodología de los programas de investigación científica* (Alianza, Madrid, 1983).

MASTERMAN, M. (1970), «The Nature of a Paradigm», en Lakatos y Musgrave eds. (1970), págs. 59-89.

MILLER, A. I. (1982), «Redefining *Anschaulichkeit*», en *Physics as Natural Philosophy,* A. Shimony y H. Feshbach, eds., págs. 376-411 (M. I. T. Press, Cambridge, Mass.).

NEEDHAM, J. (1971), «Foreword», en *Science at the Cross Roads* (1971), páginas vii-x.

NEEDHAM, J. (1978), «Address to the Opening Session of the XV International Congress of the History of Science», *Brit. J. Hist. Sci. 11,* 103-113.

POPPER, K. R. (1974), «Replies to my Critics», en *The Philosophy of Karl Popper,* P. A. Schilpp, ed., págs. 961-1197 (Open Court, La Salle, Ill).

RADDER, H. (1983), «Kramers and the Forman Thesis», *History of Science, 21,* 165-182.

RADNITZKY, G.; ANDERSSON, G.; FEYERABEND, P.; GRÜNBAUM, A. y otros (1982), *Progreso y racionalidad en la ciencia* (Alianza, Madrid).

RAVETZ, J. (1981), «Bernal's Marxist Vision of History», *Isis, 72,* 393-402.

SARTON, G. (1911), *Les principes de la mécanique de Newton,* Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Gand pour l'obtention du grade scientifique de Docteur ès Sciences physiques et mathématiques, le 15 mai 1911 (manuscrito).

SARTON, G. (1936), *The Study of the History of Science* (Harvard University Press, Cambridge, Mass.).

SCHROEDER-GUDEHUS, B. (1978), *Les scientifiques et la paix* (Les Presses de l'Université de Montréal, Montreal).

SCIENCE AT THE CROSS ROADS (1971), (Frank Cass, Londres).

TOULMIN, S. (1971), «From Form to Function: Philosophy and History of Science in the 1950s and Now», *Daedalus*, verano, 143-162.

WARNOW, J. N. (1969), *A Selection of Manuscript Collections at American Repositories* (Center for History and Philosophy of Physics, American Institute of Physics, Nueva York).

WERSKEY, G. (1971), «Introduction. On the Reception of Science *At The Cross Roads* in England», en *Science at the Cross Roads* (1971), páginas xi-xxix.

WERSKEY, G. (1978), *The Visible College* (Allen Lane, Londres).

WESTFALL, R. S. (1981), «Reflections on Ravetz's Essay», *Isis, 72,* 402-405.

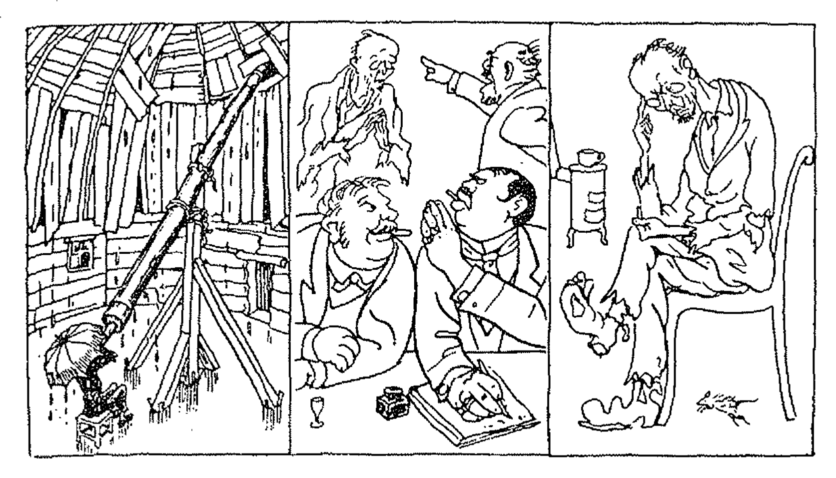
WORRAL, J. (1976 a), «Thomas Young and the 'Refutation' of Newtonian Optics», en Howson, ed. (1976), págs. 102-179.

WORRAL, J. (1976 b), *The Nineteenth Century Revolution in Optics: A Case Study in the Interaction between Philosophy of Science and History of Science,* tesis doctoral (University of London, Londres).

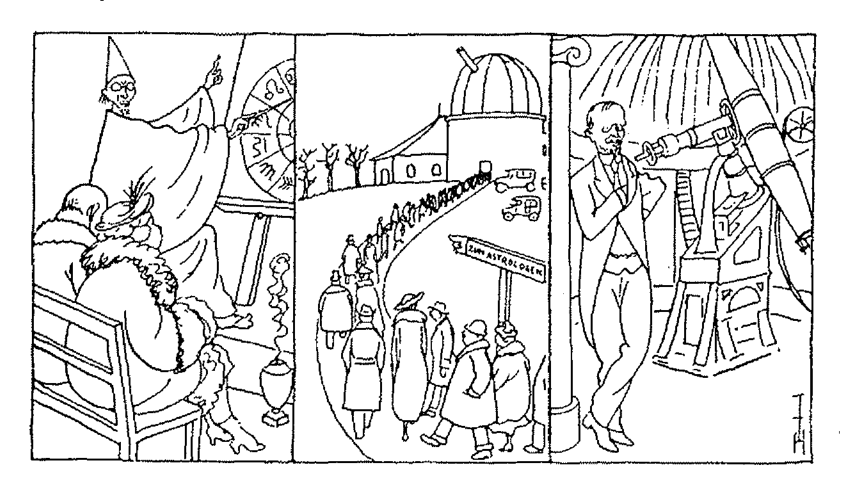
ZAHAR, E. (1973 a), *The Development of Relativity Theory: A Case Study in the Methodology of Scientific Research Programmes,* tesis doctoral (University of London, Londres).

ZAHAR, E. (1973 b), «Why did Einstein's Programme Supersede Lorentz's?», *Brit. J. Phil. Sci., 24,* 95-123, 233-262.

NUEVOS SENDEROS DE LA CIENCIA



1. Ya no hay más dinero para la ciencia; el observatorio se ha arruinado completamente. 2. El profesor de astronomía suplica al Gobierno que le dé fondos, pero en vano. 3. Completamente desesperado, decide dedicarse a la astrología.



4. Como astrólogo, hace horóscopos para los que se benefician de la guerra. 5. Pronto sus profecías son muy solicitadas; gana mucho dinero. 6. Ahora el profesor tiene fondos para mantenerse y renovar el observatorio; se procura los instrumentos más nuevos y mejores.

Th. Th. Heine, «Neue Wege der Wissenschaft», *Simplicissimus*, 25 (26 de enero de 1921), 595.

INTRODUCCION

En la sección probablemente más original y sugestiva de su libro sobre *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*, Max Jammer sostenía «que ciertas ideas filosóficas de finales del siglo XIX no sólo prepararon, sino que también contribuyeron decisivamente a configurar el clima intelectual para la formación de las nuevas concepciones de la moderna teoría cuántica» [1]; específicamente, «existencialismo, pragmatismo y empirismo lógico, surgieron como reacción ante el racionalismo tradicional y la metafísica convencional... Su afirmación de una concepción concreta de la vida y su rechazo de un intelectualismo abstracto culminaron en la doctrina del libre albedrío, la negación del determinismo mecanicista o de la causalidad metafísica. Unidas en rechazar la causalidad aunque por motivos diferentes, estas corrientes de pensamiento prepararon, por así decirlo, el trasfondo filosófico para la moderna mecánica cuántica. Contribuyeron con sugerencias a la fase formativa del nuevo esquema conceptual y ulteriormente promovieron su aceptación» [2].

[1] Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics* (Nueva York: McGraw-Hill, 1966), sección 4.2, «The Philosophical Background of Non-classical Interpretations», en las págs. 166-167.

[2] *Ibid.*, pág. 180. Por otra parte, la búsqueda de precedentes filosóficos e influencias se ha enfocado casi exclusivamente con relación a la doctrina de Bohr sobre la complementariedad. Esta cuestión, de la que no me ocupo directamente aquí, ha sido examinada recientemente una vez más por Gerald Holton, el cual también pasa revista a la literatura que ha tratado este tema, «The Roots of Complementarity», *Daedalus, 99* (otoño, 1970), 1015-1055.

Estas son afirmaciones de largo alcance. Propiamente construidas son, creo, esencialmente correctas. Pero hay que decir que Jammer no fue muy lejos en lo que a su demostración se refiere. Desplegó tales sentimientos acausales entre una variedad de filósofos —franceses, daneses y americanos— de finales del siglo XIX, pero apenas adujo evidencia alguna para rellenar las lagunas de un cuarto de siglo, una tradición cultural, y las disciplinas de filosofía y física, que separaban sus tesis filosóficas del desarrollo de la mecánica cuántica por físicos de la Europa central germano-parlantes *circa* 1925. No es mi propósito el llenar tales lagunas, sino más bien examinar de cerca, pero desde una cierta perspectiva, la configuración del terreno. El resultado es, por una parte, una evidencia abrumadora de que en los años que transcurrieron entre el final de la Primera Guerra Mundial y el desarrollo de la mecánica cuántica acausal, y bajo la influencia de «corrientes de pensamiento», un gran número de físicos alemanes se distanciaron de, o repudiaron explícitamente, la causalidad en física, por razones relacionadas sólo incidentalmente con desarrollos de su propia disciplina.

Por consiguiente, la tesis más importante de Jammer —que influencias externas llevaron a los físicos a desear ardientemente, buscar activamente y aceptar con agrado una mecánica cuántica acausal— está demostrada aquí únicamente para la esfera cultural germana. Este calificativo de cultural es esencial; constituye la base de mi intento para proporcionar, por otra parte, una contestación a la pregunta —crucial, en su forma general, para toda historia intelectual— de por qué y cómo estas «corrientes de pensamientos», de evidentemente despreciable efecto sobre los físicos a comienzos de siglo, llegaron a ejercer una influencia tan fuerte sobre los físicos alemanes después de 1918. Me parece que un historiador no puede permanecer contento con expresiones tan vagas y equívocas como «prepararon el clima intelectual para», o «prepararon, por así decirlo, el ambiente filosófico para», sino que debe insistir en un análisis causal, demostrando las circunstancias bajo las que, y las interacciones a través de las cuales los científicos se ven arrastrados por corrientes intelectuales.

Un análisis de este tipo puede ser bien «psicológico» o «sociológico». Esto es, puede considerar la estructura mental de los científicos individuales involucrados, haciendo hincapié en ambientes intelectuales previos y en las experiencias condicionantes como determinantes de las actitudes presentes, o, por el contario, puede ignorar estos factores, tratando la postura mental actual como una respuesta socialmente determinada al medio ambiente intelectual inmediato y a las experiencias actuales. Yo he escogido este último

camino, y buscado un modelo en el que se considera que ciertas «variables de campo» y sus derivadas en un lugar e instante dados evocan las correspondientes actitudes. A pesar de que puede parecer tosco el resaltar la presión social e ignorar las inquietudes emocionales, a pesar de que puede parecer poco satisfactorio el abandonar nuestros intentos explicativos al nivel de la decisión individual, sin embargo, considero al enfoque «sociológico» como el más general y provechoso.

Nuestra investigación debe comenzar, por consiguiente, caracterizando al medio intelectual en el que los físicos alemanes estaban trabajando y en el que se desarrolló la mecánica cuántica. Es este un problema formidable, especialmente debido a dificultades metodológicas. Y la tarea es particularmente poco atractiva para el historiador de la ciencia, ya que le obliga a tratar con las «expresiones» tanto de no científicos como de científicos, obligándole, por tanto, a abandonar el criterio de demarcación con el que trata de identificar y delimitar su tema. Sin embargo, he tratado este problema en el capítulo I con la guía y ayuda de estudios previos de historiadores de las ideas, especialmente con el trabajo de Fritz K. Ringer. Demuestro que tras la derrota de Alemania la tendencia intelectual dominante en el mundo académico de Weimar fue una «filosofía de la vida» neo-romántica, existencialista, manifestada en crisis y caracterizada por un antagonismo hacia la racionalidad analítica en general y hacia las ciencias exactas y sus aplicaciones técnicas en particular. Implícita o explícitamente, el científico era la víctima propiciatoria de las incesantes exhortaciones a la renovación espiritual, mientras que el concepto —o la mera palabra— «causalidad» simbolizaba todo lo que era odioso de la empresa científica.

Ahora bien, si, como ocurre habitualmente incluso en fechas tan tardías como las actuales, el interés del historiador de la ciencia se limita exclusivamente a los logros sustancialmente científicos, entonces se enfrentará inmediatamente con una notable paradoja: este lugar y período de profunda hostilidad a la física y a las matemáticas fue también uno de los más creativos en toda la historia de estas empresas. Enfrentados a esta paradoja muchos de nosotros estaríamos tentados a frotarnos las manos con satisfacción, por considerarla una bienvenida refutación de cualquier intento de impugnar la autonomía de estas ciencias y la suficiencia de la historia intelectual e internalista de ellas. Pero tal inferencia sería muy apresurada. Si se presupone la hostilidad del medio ambiente intelectual, la cuestión crucial es la *naturaleza* de la respuesta de los científicos exactos a esta circunstancia. Con anterioridad yo había supuesto que

ante corrientes anticientíficas la respuesta predominante en estas ciencias altamente profesionalizadas sería el atrincheramiento, la retirada hacia la ciencia y hacia la comunidad de sus practicantes, la reafirmación de la ideología tradicional de la disciplina —esto es, su noción del valor, función, motivo, meta y futuro de la actividad científica— [3]. Si este *fuese* el caso, entonces, *a fortiori,* cualquier intento de atribuir una influencia fuerte y directa del mismo medio ambiente intelectual en el discurso científico y en las inclinaciones de estos mismos hombres no parecería plausible.

Con todo, el historiador que observa, aún de la forma más ocasional posible, las valoraciones de la ciencia física en la sociedad americana contemporánea, por una parte, y las tendencias ideológicas actuales en estas ciencias, por otro lado, con dificultad podrá mantener que la respuesta predominante a un medio intelectual hostil es el atrincheramiento. Por el contrario, al convertirse en prominentes en los últimos años sentimientos de resentimiento y antagonismo hacia la empresa científica —unidos a un resurgimiento de la existencialista *Lebensphilosophie* *— otro tanto ocurrió con las expresiones de y concesiones a estos mismos sentimientos dentro de las propias ciencias. De hecho estamos asistiendo hoy en América a una adaptación extendida y de largo alcance de la ideología científica al medio ambiente intelectual hostil. Como afirmaba recientemente el distinguido químico-físico Franklin A. Long al explicar y defender este desarrollo: «La Facultad, y especialmente los estudiantes, son sensibles a los problemas sociales, están ansiosos de trabajar en ellos, y a menudo están preparados para cambiar su forma de vida previa con tal fin. Las presiones de la orientación disciplinar y la tradición del saber individual son fuertes entre los miembros de la Facultad, pero no lo suficiente para contrarrestar las presiones de las inquietudes sociales.» Y hay en toda esta «propensión a la correspondencia» una sorprendente sinceridad, una llamativa ausencia de proyección de imagen calculada y cínica, dando testimonio así de una sorprendente participación de los propios científicos en aquellos fundamentalmente, a menudo claramente, sentimientos anticientíficos [4].

* Filosofía de la vida. *(N. del T.)*

[3] P. Forman, *The Environment and Practice of Atomic Physics in Weimar Germany* (Ph. D. dissertation, Berkeley, 1967; Ann Arbor: University Microfilms, 1968), págs. 11-24.

[4] F. A. Long, «Interdisciplinary Problem-Oriented Research in the University [editorial]», *Science, 171* (12 de marzo 1971), 961. Marvin L. Goldberger, «Physics and Environment: How Physicists Can Contribute», *Physics Today* (diciembre, 1970), 26-30, y la repuesta de John Boardman, *ibid.* (febrero, 1971), 9. El nuevo talante, especialmente el neo-spenglerismo, de la comunidad

Pero nuestra experiencia contemporánea no nos lleva sólo a anticipar una adaptación ideológica de los físicos y matemáticos de Weimar; también sugiere un modelo sencillo para las circunstancias en las que es más probable que tal adaptación tenga lugar. Podemos suponer que cuando los científicos y su empresa disfrutan de gran prestigio en su inmediato (y, por otra parte, muy importante) ambiente social, también se encuentran relativamente libres para ignorar las doctrinas, simpatías y antipatías específicas que constituyen el correspondiente medio intelectual. Con la aprobación asegurada, se hallan libres de presiones externas, libres para seguir la presión interna de la disciplina —lo que habitualmente significa afirmarse en la ideología y presuposiciones conceptuales tradicionales—. Sin embargo, cuando los científicos y su empresa están experimentando una pérdida de prestigio, estos profesionales se ven impulsados a tomar medidas para contrarrestar tal declive. Basándose en la factorización del prestigio en imagen y valores debida a Karl Hufbauer, se ve que tales contramedidas en general son intentos de alterar la imagen pública de la ciencia para ponerla otra vez en consonancia con los nuevos valores públicos. Pero si esto no es una mera proyección de imagen, entonces esos cambios en la imagen del científico y de su actividad también involucrarán una modificación de los valores e ideología de la ciencia, e incluso pueden afectar a los fundamentos doctrinales de la disciplina —tal y como Theodore Brown ha demostrado en el caso del sitiado Colegio de Médicos a finales del siglo XVII— [5].

En los capítulos II y III de este trabajo, aplico este modelo a los científicos «exactos» germano-parlantes que trabajaban en el medio académico durante el período de Weimar. Teniendo en cuenta la cada vez más radicalmente reordenada escala de valores a raíz de la derrota de Alemania, exploraré en el capítulo II la respuesta de estos científicos en un nivel ideológico. He buscado esta respuesta principalmente en las conferencias de dichos científicos exactos ante audiencias generales pero con educación académica, y especialmente en conferencias para círculos universitarios. El historiador es afortunado porque las instituciones de la vida académica ale-

---

científica ha sido discutido por Bentley Glass en su discurso presidencial ante la AAAS, 28 de diciembre de 1970, «Science: Endless Horizons or Golden Age?», *Science, 171* (8 de enero de 1971), 23-29.

[5] K. Hufbauer, «Social Support for Chemistry in Germany During the Eighteenth Century: How and Why Did it Change?» *Historical Studies in the Physical Sciences, 3* (1971), 205-231; T. M. Brown, «The College of Physicians and the Acceptance of Iatro-mechanism in England, 1665-1695», *Bulletin of the History of Medicine, 44* (1970), 12-30.

mana proporcionaban frecuentes ocasiones para conferencias ante audiencias universitarias, y es doblemente afortunado, ya que era costumbre publicar tales *Reden*. Recíprocamente, la existencia de estas instituciones es al mismo tiempo un índice y un instrumento de la presión social extraordinariamente fuerte que el medio ambiente académico alemán podía ejercer, y de hecho ejercía, sobre los eruditos o científicos individuales sumergidos en él. Como ilustro en el capítulo II, existía de hecho entre los físicos y matemáticos alemanes una fuerte tendencia a reformar su propia ideología para amoldarla a los valores y talantes de aquel medio —repudio de las concepciones positivas de la naturaleza de la ciencia, de las justificaciones utilitaristas del ejercicio de la ciencia, y, en algunos casos, de la misma posibilidad y valor de la empresa científica—.

¿Estaba confinada al nivel ideológico la tendencia hacia la adaptación, que predominaba en la respuesta al medio ambiente intelectual hostil de esta comunidad científica altamente profesionalizada, o se extendía más allá, al contenido sustancialmente doctrinal de la misma ciencia? Específicamente, ¿existen indicios de que los físicos y matemáticos alemanes estuviesen ansiosos de, y deliberadamente intentasen, alterar el carácter de empresa cognoscitiva de sus disciplinas, y modificar conceptos específicos empleados en ellas para hacer a sus ciencias más compatibles con los valores predominantes en el medio intelectual del Weimar? Sospecho firmemente que el movimiento intuicionista en matemáticas, que ganó tantos adeptos, y que tanto furor creó en la Alemania de este período, fue primariamente una expresión de precisamente estas inclinaciones y propósitos. Estoy convencido, y en el capítulo III lo trataré de demostrar, que el movimiento para prescindir de la causalidad en la física, que tan súbitamente surgió y tan exhuberantemente floreció en Alemania después de 1918, fue primordialmente un esfuerzo de los físicos alemanes para adaptar el contenido de su ciencia a los valores de su medio ambiente intelectual.

Por consiguiente, la explicación de la creatividad en este lugar y período se debe buscar, al menos en parte, en la propia hostilidad del medio intelectual de Weimar. La prontitud, la ansiedad de los físicos alemanes por reconstruir los fundamentos de su ciencia se deben entender, por tanto, como una reacción a su negativo prestigio. Mas aún, la naturaleza de aquella reconstrucción fue virtualmente dictada por el medio ambiente intelectual predominante: si el físico quería mejorar su imagen pública, lo primero y más importante que tenía que hacer era abandonar la causalidad, con su riguroso determinismo, aquel rasgo de la visión física del mundo tan universalmente detestado. Y esto, por supuesto, fue precisamente lo

que se necesitaba para solucionar aquellos problemas de la física atómica que se encontraban entonces en el centro de los intereses de los físicos.

Agradecimientos: Estoy agradecido a Stephen G. Brush, Stanley Goldberg, John L. Heilbron, Karl Hufbauer, Hans Kangro, Fritz K. Ringer, Donald E. Strebel, y al editor de esta revista, Russell McCormmach, por sus atentas y críticas lecturas del manuscrito, así como por sus numerosas preguntas, sugerencias, objecciones y correcciones. Agradezco sinceramente a Ann Schertz y al resto del personal del *Interlibrary Loan Department* de la *Rush Rhees Library,* sin cuya constante ayuda no habría sido posible continuar esta investigación en Rochester, Nueva York.

Capítulo I

LA CULTURA DE WEIMAR COMO UN MEDIO AMBIENTE INTELECTUAL HOSTIL

1. *Tal como era percibida por los físicos y los matemáticos*

Durante el verano de 1918, los físicos alemanes, al igual que el resto de la población, continuaron deseando con confianza y satisfacción la finalización victoriosa de la guerra en la que habían estado involucrados durante cuatro años. Ellos —probablemente más que cualquier otro grupo del mundo académico alemán— también sentían confianza y satisfacción en sí mismos debido a sus contribuciones a los éxitos militares alemanes y a que preveían que en la posguerra existirían una política y un medio ambiente intelectual altamente favorables para la prosperidad y el progreso de sus disciplinas. El botánico que observaba su instituto, vacío y desocupado, tenía que concluir que «probablemente continuará así después de la guerra, ya que la juventud se dedicará a la tecnología y dejará una disciplina tan 'poco práctica' como la botánica reposar en la cuneta» [6]. El químico, el físico, el matemático, por el contrario, haciendo hincapié en la gran importancia práctica de sus disciplinas durante la guerra y en lo deseable e inevitable de una aún más estrecha colaboración con la tecnología en el futuro, esperaban ansiosos conseguir todavía más, mayores y mejores equipados institutos,

[6] Karl v. Goebel a Th. Herzog, Munich 19 de julio de 1917, en Goebel, *Ein deutsches Forscherleben in Briefen aus sechs Jahrzehnten, 1870-1932*, ed. Ernst Bergdolt, 2.ª edición (Berlín, 1940), pág. 170.

así como que aumentase sustancialmente la estima popular y su prestigio académico. «Cuanto más parecemos aproximarnos a la finalización victoriosa de la guerra», observaba Félix Klein en junio de 1918 ante una audiencia que incluía a líderes de la industria alemana y del gobierno prusiano, «más se sienten dominados nuestros pensamientos por la cuestión de lo que debe venir después de que se haya ganado triunfalmente la paz.» Los deseos de Klein iban desde un instituto matemático para él y para su universidad, a una reorientación general de la investigación académica en las ciencias exactas para conseguir una «armonía preestablecida» con los requisitos de la industria y de la milicia, y culminaban en la correspondiente reorientación de la educación alemana en todos los niveles [7]. Y al menos el primero de estos deseos parecía asegurado cuando el ministro de Educación prusiano, Friedrich Schmidt, se adelantó para anunciar una ayuda de 300.000 marcos. ¿Quién, de entre todos los participantes en estas festividades, podía haber previsto que el instituto matemático de Gotinga no sería construido hasta después de diez años, y entonces sólo con el dinero americano? [8].

Cuando aquel «final victorioso», que parecía inminente en el verano de 1918, se convirtió repentinamente en el otoño en completa derrota, los científicos «exactos» se encontraron ante una escala de valores públicos dramáticamente transformada y por consiguiente con una valoración de sus disciplinas drásticamente alterada. Esta, sin duda, fue su percepción de la situación. Aunque no tenemos testimonio explícito de este efecto, podemos, a pesar de todo, inferirlo del tono defensivo de los discursos que aquellos científicos pronun-

---

[7] F. Klein, «Festrede zum 20. Stiftungstage [22 de junio de 1918] der Göttinger Vereinigung zur Förderung der Angewandten Physik und Mathematik», *Jahresberich der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 27* (1978), Parte I, págs. 217-228; en las págs. 217, 219. Tal y como señalaban con cierta amargura los filólogos, durante la guerra los científicos y los matemáticos habían elevado sustancialmente sus exigencias en lo relativo al plan de estudios de la escuela secundaria: Robert Neumann, «Politik und Schulreform», *Monatschrift für höhere Schulen, 18* (1919), 93-106, «Vortrag, gehalten im Berliner Philologen-Verein Februar 1918»; Friedrich Poske y R. von Hanstein, *Der naturwissenschaftliche Unterricht an den höheren Schulen,* Schriften des Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, II. Folge, Heft 5 (Leipzig-Berlín, 1918).

[8] *Jahresbericht der D. M.-V., 27* (1918), Parte 2, pág. 47. En 1926 el *International Education Board* de la *Rockefeller Foundation* concedió 275.000 dólares para un instituto matemático (Geo. W. Gray, *Education on an International Scale, A History of the International Education Board, 1923-1938* [Nueva York, 1941], pág. 30; Otto Neugebauer, «Über die Einrichtung des Mathematischen Institutes der Universität Göttingen», *Minerva-Zeitschrift, 4* [1928], 107-111).

ciaban ante claustros y estudiantes en las convocatorias universitarias. Mientras que durante los últimos años de la guerra tales alocuciones transmitían autoafirmación, confianza en la estima y buena disposición de la audiencia, en el período de Weimar casi nunca fue así. Y aunque es difícil poner de manifiesto este *tono*, se pueden al menos señalar pasajes que aluden más o menos explícitamente a reproches en contra de la ciencia exacta que el orador claramente suponía estaban en la mente de su audiencia. Así, en noviembre de 1925, Wilhelm Wien describía los grandes descubrimientos científicos de comienzos del período moderno, especialmente la deducción de Newton del movimiento de los planetas a partir de las leyes de la mecánica, como «la primera demostración convincente de la causalidad *(nota bene)* de los procesos naturales que revelaban al hombre por primera vez la posibilidad de comprender a la naturaleza mediante la fuerza lógica de su intelecto». Pero inmediatamente después reconocía que este programa, que el científico natural encuentra tan grandioso, tiene sus limitaciones, pasando a citar a Schiller: «Sin compadecerse siquiera del honor de su creador, / como el golpe de muerte del reloj de péndulo, / la naturaleza desprovista de Dios sigue bellacamente la ley de la gravedad» [9]. La cita es claramente una respuesta a la demanda popular, como demostró todavía más claramente el astrofísico Hans Rosenberg en su discurso académico del 18 de enero de 1930: «'Vuestra materia es, sin duda, la más sublime del espacio. / Pero, amigo, lo sublime no reside en el espacio', oigo que nos grita Schiller-Goethe» [10].

Es, por supuesto, a su audiencia a quien Wien, Rosenberg y otros oyen manifestar estos sentimientos, y así buscan escaparse de parte del reproche demostrando que ellos mismos están familiarizados al menos con las expresiones literarias clásicas del idealismo alemán. Sin embargo, cuando el que se encontraba en la audiencia era el físico o el matemático, éste tenía que escuchar reproches mucho más duros. En marzo de 1921, Friedrich Poske se marchó del funeral del poeta Carl Hauptmann, lamentándose de las acusacio-

---

[9] W. Wien, *Universalität und Einzelforschung. Rektorats-Antrittsrede, gehalten am 28. November 1925*, Münchener Universitätsreden, Heft, 5 (Munich, 1926), 19 págs., en la 14.

[10] H. Rosenberg, *Die Entwicklung des räumlichen Weltbildes der Astronomie. Rede zur Reichsgründungsfeir... am 18. Januar 1930* (Kiel, 1930), 27 páginas, en la 26. Las mismas son citadas —con una todavía mayor «reverencia ante el secreto que la otra parte nos esconde»— por Hans Kienle, «Vom Wesen astronomischer Forschung. Rede, gehalten bei der Verfassungsfeir der Universität Göttingen am 29. Juli 1932», *Bremer Beiträge zur Naturwissenschaft, 1* (1933), 113-125, en la 125.

nes que en contra de las ciencias naturales escuchó allí [11], acusaciones aparentemente muy parecidas a aquellas que el pobre Max Born tuvo que escuchar diariamente de su esposa, una aspirante a poetisa y dramaturga. Hedwig Born obtenía un placer masoquista «del sentimiento de sentirse arrojada sobre un gélido paisaje lunar» que le proporcionaba la compañía de los científicos naturales «objetivos» [12]. Tampoco dudaba en hacer saber a los colegas de su marido que «es para mí siempre una revelación cuando de repente descubro a un ser humano detrás del *físico*; quiero decir que también existen físicos inhumanos» [13]. No hay, desde luego, ninguna razón para pensar que la explicación de Einstein —«lo que usted llama el 'materialismo de Max' es simplemente la forma causal [n. b.] de considerar las cosas— aliviase el desasosiego de la señora Born [14].

Por muy doloroso que fuese para el físico teórico el tener que vivir junto a tales actitudes, la acusación de *Entseelung*, de la destrucción del alma, no era lo peor con que se encontraba. Como señaló Max von Laue en el verano de 1922, la escuela de Rudolf Steiner «levanta los cargos más serios en contra de la ciencia natural de hoy. Se la representa como a la culpable de la crisis mundial [n. b.] en que nos encontramos actualmente, y toda la miseria material e intelectual asociada con esa crisis es achacada a la ciencia natural» [15]. El contraataque que Laue publicó fue leído «con gran

[11] F. Poske en el Hauptversammlung del Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtes, 31 de marzo de 1921 (*Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft,* 27 [1921], 34).

[12] H. Born, «Albert Einstein ganz privat», *Helle Zeit-dunkle Zeit. In Memoriam Albert Einstein,* ed. C. Seelig (Zurich, 1956), págs. 35-39, en la 36.

[13] H. Born a H. A. Kramers, 29 de septiembre de 1925: «¡Hablando claramente, sentía anteriormente algún temor en su presencia! Pero ha desaparecido desde que tuve ocasión de conocer aquí el calor humano, la seriedad y el vigor natural de su forma de ser. Es para mí siempre una revelación cuando de repente descubro a un ser humano detrás del *físico,* ¡quiero decir que también existen físicos inhumanos!» * (Archive for History of Quantum Physics microfilm 8, sección 2; para descripciones y localizaciones de este archivo ver Thomas S. Kuhn, *et al., Sources for History of Quantum Physics. An Inventory and Report,* Memoirs of the American Philosophical Society, vol. 68 [Filadelfia, 1967]).

[14] Einstein a H. Born, 1 de septiembre de 1919, en Albert Einstein, Hedwig and Max Born, *Briefwechsel, 1916-1955,* editada y anotada por M. Born (Munich, 1969), pág. 32 **.

[15] M. v. Laue, «Steiner und die Naturwissenschaft», *Deutsche Revue, 47* (1922), 41-49; reimpreso en Laue, *Aufsätze und Vorträge = Gesammelte Schriften und Vorträge,* Band III (Braunschweig, 1962), págs. 48-56, en la 48.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** Existe traducción al castellano, *Correspondencia (1916-1955),* Siglo XXI, Madrid. *(N. del T.)*

placer» por Max Planck, su mentor y colega, quien consideró que «producirá sin duda buenos efectos en amplios círculos»[16].

Obviamente, Planck creía que Rudolf Steiner únicamente proporcionaba la ocasión y el blanco ostensible para rebatir una serie de actitudes que tanto él como Laue veían muy diseminadas entre el público alemán educado. El propio Planck advirtió de tales actitudes y del peligro que representaban para la ciencia, en un discurso pronunciado en la Academia Prusiana de Ciencias pocas semanas después[17]. A comienzos del año siguiente se quejaba amargamente en una conferencia pública de que «precisamente en nuestra época, que se vanagloria tanto de su carácter progresivo, la creencia en milagros de las formas más variadas —ocultismo, espiritualismo, teosofía y todas las numerosas degradaciones existentes, se llamen como se llamen— penetra en amplios círculos del público, educado y no educado, y más perversamente que nunca, a pesar de los tenaces esfuerzos que se dirigen en contra de ello desde el lado científico». Comparada con este movimiento, la agitación producida por la antigua *bête noir* de Planck, la Liga Monista, había tenido, como él mismo reconocía ahora, «muy poco éxito»[18].

---

[16] Planck a Laue, 8 de julio de 1922: «He leído con sumo placer su trabajo sobre R. Steiner..., producirá sin duda buenos efectos en amplios círculos» * (Handschriftensammlung, Bibliotek, Deutsches Museum, Munich).

[17] M. Planck, «Ansprache des vorsitzenden Sekretärs, gehalten in der öffentlichen Sitzung zur Feier des Leibnizischen Jahrestages, 29. Juni 1922», *Preuss. Akad. d. Wiss., Sitzungsber.* (1922), págs. lxxv-lxxvii, reimpreso en *Max Planck in seinen Akademie-Ansprachen; Erinnerungsschrift der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (Berlín, 1948), págs. 41-48. Una caracterización similar del medio ambiente intelectual había sido dada, en el otoño de 1920, por Artur Schoenflies, *Über allgemeine Gesetzmässigkeiten des Geschehens* [Rektoratsantrittsrede], Frankfurter Universitätsreden XI (Frankfurt, 1920), 16 págs., en la 4: «En años recientes [letzten], y en una medida cada vez mayor, se ha desarrollado una hostilidad consciente al modo de pensamiento propio de la ciencia natural... El hecho es que aquel nuevo modo de pensamiento se ha abierto camino con fuerza y estrépito para triunfar en todos los campos —en la *Wissenschaft* y en el arte, en la literatura y en la política, en lo escrito y en lo hablado».

[18] M. Planck, *Kausalgesetz und Willensfreiheit. Öffentlicher Vortrag gehalten in der Preuss. Akad. d. Wiss. am 17. Februar 1923* (Berlín, 1923), 52 págs., reimpreso en Planck, *Vorträge und Erinnerungen* (Stuttgart, 1949), págs. 139-168; en las 162-163. Y de nuevo, ocho años más tarde: «Es sorprendente cuánta gente, especialmente de círculos educados..., cae bajo el influjo de estas nuevas religiones, cuyos diferentes matices van desde el más confuso de los misticismos a la mayor de las supersticiones». («Wissenschaft und Glaube. Weihnachtsartikel vom Jahre 1930», *ibid.*, págs. 246-249; también citado extensamente en Hans Hartmann, *Max Planck als Mensch und Denker* [1953; reimpreso Frankfurt, 1964], págs. 52-55, en las 52-53).

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

No es sorprendente, por consiguiente, que los supervivientes de este en gran parte difunto movimiento monista-positivista estuvieran completamente de acuerdo con Planck en que el medio ambiente intelectual de Weimar era fundamental y explícitamente antagónico a la ciencia. Basándose en la universalmente aceptada analogía entre la Alemania contemporánea y el período que siguió a su derrota frente a Napoleón, Wilhem Ostwald creía que era evidente que: «En Alemania hoy sufrimos de nuevo de un misticismo creciente, que, como en aquel tiempo, se vuelve en contra de la ciencia y de la razón como sus enemigos más peligrosos» [19]. E incluso cuando existió, como en el caso de la teoría de la relatividad, un gran interés público, por resultados específicos de la investigación física, aquel interés nunca fue interpretado, por lo que yo sé, por los físicos como una prueba de estima y aprobación para su disciplina. Por el contrario, sorprendía a Einstein como «una ironía muy peculiar el que mucha gente considerase que en la teoría de la relatividad se pueda encontrar apoyo para la tendencia antirracionalista actual» [20].

Arnold Sommerfeld estaba representando, por tanto, a la mayoría de sus colegas cuando, al responder a la petición de una contribución para un número especial sobre astrología que le hizo la publicación mensual más prestigiosa del sur de Alemania, preguntaba:

> ¿No le sorprende a uno como un monstruoso anacronismo el que en el siglo veinte una publicación respetable se vea forzada a solicitar una discusión sobre astrología? ¿El que amplios círculos del público educado o semi-educado se sientan más atraídos por la astrología que por la astronomía? ¿El que en Munich exista probablemente más gente que se gane la vida con la astrología que la que trabaja en astronomía? Sin duda que en Alemania este anacronismo se basa en parte en la miseria actual. La creencia en un orden racional *[vernünftig]* en el mundo se vio sacudida por la forma en que terminó la guerra y fue dictada la paz; por consiguiente, se busca la salvación en un orden irracional *[unvernünftig]* del mundo. Pero la razón auténtica debe ser más profunda, ya que la astrología, el espiritismo y las sectas que pretenden curar por la fe están floreciendo también entre nuestros enemigos. Nos encontramos, por tanto, enfrentados claramente una vez más con una ola de irracionalidad y romanticismo como aquella que hace cien años se extendió por Europa como una reacción contra el racionalismo del siglo dieciocho y su ten-

[19] W. Ostwald, *Lebenslinien. Eine Selbstbiographie* (Berlín, 1926-1927), *3*, 442. Y de nuevo, *ibid.*, 2, 309, «Actualmente se considera moderno el hablar todo lo peor posible del intelecto».

[20] A. Einstein, *Vossische Zeitung*, 10 de julio de 1921, citado por Siegfried Grundmann, «Der Deutsche Imperialismus, Einstein und die Relativitätstheorie (1914-1933)», *Relativitätstheorie und Weltanschauung* (Berlín, 1967), págs. 155-285, en la 194.

dencia a hacer un poco demasiado fácil la solución al enigma del universo. A pesar de que yo *[wir]* no me hago ilusiones en el sentido de ser capaz de contener esta ola mediante argumentos basados en la razón, quiero no obstante, lanzarme decididamente en contra de esto [21].

A pesar de que todos los científicos alemanes coincidían, cualesquiera que fuese su disciplina, en que el irracionalismo y el misticismo eran característicos del talante de la posguerra, en general fueron los matemáticos y los físicos teóricos los que, mucho más que los físicos experimentales o los químicos, se sentían objetos específicos del odio, tanto público como privado. Uno no puede sino sentir una cierta simpatía por el nazi Theodor Vahlen cuando en 1923 confesaba ante el claustro de su universidad que «es tan rara una actitud amistosa hacia las matemáticas que, si nos encontramos con ella, realmente nos sorprende como algo especialmente notable» [22]. Este sentimiento de enfrentarse a un medio ambiente antagónico, dentro y fuera de la universidad, era tan tan compartido entre los matemáticos que Gerhard Hessenberg pudo recurrir a él para tratar de persuadir al físico teórico Arnold Sommerfeld de que adoptase una postura que le llevaría a enfrentarse con un físico experimental (Friedrich Paschen) del que Sommerfeld obtenía gran parte de la materia prima que utilizaba en sus elaboraciones teóricas: «Pero nosotros, los matemáticos, pobres chivos expiatorios, hemos llegado a oír tantas cosas desagradables acerca de nosotros en estos días — lo mismo a espaldas nuestras que en la cara— que qué diferencia hace un poco más o menos...» [23].

---

[21] A. Sommerfeld, «Über kosmische Strahlung», *Südd. Monatshefte, 24* (1927), 195-198; reimpreso en Sommerfeld, *Gesammelte Schriften* (Braunschweig, 1968), *4,* 580-583. Cf. Lewis M. Branscomb, director del U. S. National Bureau of Standards, *Science, 171* (12 de marzo de 1971), 972: «La astrología está en auge; en este país existen tres astrólogos profesionales por cada astrónomo».

[22] *Th. Vahlen, Wert und Wesen der Mathematik. Festrede... am 15. V. 1923,* Greifswalder Universitätsreden 9 (Greifswald, 1923), 32 págs., en la 1. Y en esto, al menos, Konrad Knopp estaba de acuerdo con Vahlen: «Nosotros, los matemáticos..., no hemos sido capaces de obtener, o incluso al menos retener, la posición en la vida pública que las matemáticas merecen» («Mathematik und Kultur, Ein Vortrag», *Preussische Jahrbücher, 211* [1928], 283-300, en la 283).

[23] G. Hessenberg a A. Sommerfeld, 16 de junio de 1922: «Pero nosotros, los matemáticos, pobres chivos expiatorios, hemos llegado a oír tantas cosas desagradables acerca de nosotros estos días —lo mismo a espaldas nuestras que en la cara— que qué diferencia hace un poco más o menos; el hombre recto tiene que sufrir mucho» * (Sources for History of Quantum Physics, microfilm 33, sección 1).

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

De hecho estas «corrientes antimatemáticas», «esta violenta arremetida en contra de las matemáticas» que se extendió después de la guerra, parecía tan fuerte y amenazadora que en 1920 los matemáticos alemanes se agruparon en una organización defensiva, la *Mathematischer Reichsverband,* cuyo propósito principal era proteger la posición de las matemáticas en las escuelas [24].

El resultado, por consiguiente, de esta primera aproximación al problema de establecer el carácter del medio ambiente intelectual dentro del cual los científicos de Weimar trabajaron tan productivamente es claro: el medio era *percibido* por los científicos como marcadamente hostil. ¿Se hace necesario, por tanto, el llevar nuestra investigación más lejos? Después de todo, uno puede argumentar que es inútil preguntar si estas apreciaciones correspondían a la «realidad» y que además la respuesta no tendría ninguna consecuencia para el comportamiento de dichos científicos. Sin embargo, la exactitud o inexactitud de estas apreciaciones es ciertamente un dato importante acerca de estos hombres, un dato que es esencial para cualquier intento de inferir sus percepciones, y los efectos sobre su ciencia, de un medio ambiente intelectual dado. Mas aún, para los propósitos de este trabajo es importante ir todavía más lejos en la exploración de las actitudes hacia la ciencia física en la Alemania de Weimar, necesitamos una especificación más detallada de aquellas actitudes si vamos a determinar hasta dónde y en qué sentido la ideología y las ideas de estos científicos se pueden considerar como respuestas a sus medios ambientes intelectuales.

2. *Tal como era confirmada por otros observadores*

Poco inclinado y sin medios para emprender una amplia exploración independiente y una reconstrucción del medio ambiente intelectual de Weimar, me he dirigido a otros observadores —en primer lugar, a historiadores de las ideas, después a observadores contemporáneos— buscando su guía y sus conclusiones.

---

[24] Georg Hamel, como presidente en la primera asamblea general de la Mathematischer Reichsverband, Jena, 23 de septiembre de 1921, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* *, *31* (1922), parte 2, pág. 118. Y de nuevo en la segunda asamblea general, Leipzig, 22 de septiembre de 1922, en la *Arbeitsausschuss* ** hacía hincapié en su informe en que «Las matemáticas se encuentran en una posición defensiva con respecto a su posición y prestigio *[Geltung]* en las escuelas. Las corrientes intelectuales contemporáneas, dirigidas en contra del intelectualismo y del racionalismo, son decididamente no favorables a las matemáticas». (*Ibid., 32* [1923], parte 2, págs. 11-12).

* Círculo matemático. *(N. del T.)*

** Sesión de clausura. *(N. del T.)*

Para nuestro período y tema existen estudios debidos a Georg Lukács [25], Kurt Sontheimer [26], Peter Gay [27], y —el más reciente, detallado y relevante— a Fritz Ringer [28]. Aunque estos historiadores no han tratado específicamente las actitudes hacia la ciencia exacta, de hecho sus caracterizaciones del medio intelectual inciden directamente en esta cuestión. En especial el examen hecho por Ringer de la ideología académica nos coloca ante muchas de las actitudes hacia la ciencia que impregnaban el mundo académico de Weimar y nos dirige a muchas fuentes importantes. Y a pesar de la diversidad en la formación personal-profesional, métodos de investigación, y motivaciones ético-políticas de estos historiadores de las ideas, con mucho todos nos dan la misma imagen general del medio intelectual de Weimar: rechazo de la razón como un instrumento epistemológico, debido a su vínculo inseparable con el materialismo-mecanicismo-positivismo, y porque, siendo fundamentalmente desintegradora, era incapaz de satisfacer el «hambre de totalidad» [29]; glorificación de la «vida», de la intuición, de la experiencia ni mediatizada ni analizada, con la aprehensión inmediata de valores y no la disección de nexo causal, como el objeto real de la actividad científica o académica. En esta «filosofía de la vida», de la que el existencialismo no fue sino una variedad, Lukács ve «la ideología dominante de todo el período imperialista en Alemania... En el período de la posguerra prácticamente toda la burguesa y ampliamente leída *Weltanschauungsliteratur* * es *lebensphilosophisch*» [30].

Con estos estudios de historiadores de las ideas dándonos una cierta confianza de que no estamos muy descaminados, consideremos un poco más de cerca ciertos *slogans* programáticos de esta filosofía de la vida, tal y como fueron compendiados por observadores contemporáneos de la vida intelectual de Weimar. En mi opinión, tales caracterizaciones del medio ambiente intelectual no sólo suge-

---

[25] G. Lukás, *Die Zerstörung der Vernunft. Der Weg des Irrationalismus von Schelling zu Hitler* (Berlín, 1954).

[26] K. Sontheimer, *Antidemokratisches Denken in der Weimarer Republik* (Munich, 1962).

[27] P. Gay, *Weimar Culture: The Outsider as Insider* (Nueva York, 1968). Una versión ligeramente abreviada, omitiendo, sin embargo, la extensa bibliografía, apareció bajo el mismo título en Donald Fleming y Bernard Bailyn, eds., *The Intellectual Migration* (Cambridge, Mass., 1969), págs. 11-93.

[28] F. K. Ringer, *The Decline of the German Mandarins. The German Academic Community, 1890-1933* (Cambridge, Mass.; Harvard University Press, 1969).

[29] La frase aparece en Gay, *op. cit.* (nota 27).

[30] Lukás, *op. cit.* (nota 25), pág. 318.

* Literatura relativa a la concepción del mundo. *(N. del T.)*

rirán, de forma irresistible, una valoración del científico ocupado en la realidad física, sino que también obligarán a reconocer el papel crucial del concepto de causalidad.

Un año después del final de la guerra estas corrientes intelectuales, ahora monopolizando el movimiento en pro de una reforma educativa, estaban floreciendo en todas partes. Hablando, en 1920, de «la exigencia socio-pedagógica actual», Alfred Vierkandt podía ver claramente que: «Estamos experimentando generalmente hoy en día un completo rechazo del positivismo; estamos sintiendo una nueva necesidad de unidad, una tendencia sintetizadora en todo el mundo del saber [*Wissenschaft*] —una forma de pensamiento [*Eindenken*] que hace más hincapié en lo orgánico que en lo mecánico, en lo vivo que en lo muerto, en los conceptos de valor, propósito y meta que en el de causalidad»— [31]. Un análisis más agudo y penetrante de esta llamada a una «revolución en la Ciencia [*Wissenschaft*]» a comienzos del período de Weimar es el que Ernst Troeltsch publicó en 1921 [32]. Aquí la causalidad aparece una y otra vez como el término peyorativo que comprendía la tendencia de la *Wissenschaft* que el nuevo movimiento rechaza: «Los métodos de estas especializadas disciplinas científicas son los de la explicación causal, de la causalidad natural y de la causalidad psicofísica, psicológica y sociológica. Es la intelectualización esencial de nuestra actitud hacia el mundo, el desencanto del mundo y el camino hacia una aproximación ilimitada a un sistema de cosas totalmente causal [*Gesamtkausalsystem*]» [33].

Troeltsch cita, al igual que otros muchos observadores, a Henri Bergson como tal vez la más importante —y la única no alemana— fuente del movimiento en contra de «todo determinismo sofocante».

---

[31] A. Vierkandt, *Die sozialpaedagogische Forderung der Gegenwart* (Berlín, 1920), pág. 20, citada por F. K. Ringer, «The German Universities and the Crisis of Learning, 1918-1932» (Ph. D. diss.; Harvard University, 1960), pág. 145.

[32] E. Troeltsch, «Die Revolution in der Wissenschaft», *Schmoller's Jahrbuch* (*Jahrbuch für Gesetzgebung, Verwaltung...*), *45* (1921), 1001-1030. Reimpreso en Troeltsch, *Gesammelte Schriften*, vol. 4: *Aufsätze zur Geistesgeschichte und Religionssoziologie*, ed. Hans Baron (Tübingen, 1925; reimpreso 1961), págs. 653-677.

[33] *Ibid.*, pág. 1020. Cf. Max Weber, «Science as a Vocation [1919]»; *From Max Weber: Essays in Sociology*, traducida y editada por H. H. Gerth y C. Wright Mills (1946; reimpresa, Nueva York, 1958), pág. 142: «¿Y qué ocurre hoy en día? 'La ciencia como el camino hacia la naturaleza' sonaría a la juventud igual que una blasfemia. Hoy en día la juventud proclama lo opuesto: la redención del intelectualismo de la ciencia para volver así a su propia naturaleza y por ende a la naturaleza en general».

«Un amplio suspiro de alivio casi audible sigue al cada vez más fuerte establecimiento de este sistema»[34].

Si ahora agrupamos todo esto, la liberación del causalismo positivista y del determinismo, la superación del formalismo neo-kantiano..., la orientación hacia la experiencia inmediata de tendencias culturales comprensibles pero inanalizables..., un nuevo platonismo fenomenológico que mediante visiones contempla y justifica normas y esencias, entonces uno tiene en la mano todos los elementos de la revolución *wissenschaftlichen*... Es un neorromanticismo como el de otros tiempos del *Sturm und Drang* *[35].

Estas corrientes intelectuales, cuyos orígenes se encuentran en el período anterior a la guerra, pero que brotaron inmediatamente después de la derrota de Alemania, continuaron dominando el medio intelectual de mediados de los años 1920, lo mismo que lo hicieron durante los primeros años de la República de Weimar. En 1927, Theodor Litt, pasando revista a la filosofía contemporánea y a su influencia sobre el ideal de la educación liberal [*Bildung*], encontró que la *Lebensphilosophie* era la corriente intelectual más fuerte. No era un sistema, ni una escuela, sino una tendencia general que sólo se puede definir haciendo referencia a aquello a lo que se opone: «Por una parte..., al mecanismo y determinismo de la explicación causal que calcula todo con antelación, hace a todo comparable, disuelve todo en elementos; por otra parte..., al racionalismo

* «Tormenta e impulso». Este fue el lema del movimiento prerromántico alemán, primer chispazo de la unidad cultural germánica. *(N. del T.)*

[34] *Ibid.*, pág. 1005.

[35] *Ibid.*, pág. 1007. O de nuevo, «La peculiaridad del pensamiento alemán, en la forma en que éste es recalcado en la actualidad, tanto dentro como fuera de Alemania, se deriva principalmente del Movimiento Romántico... una revolución en contra, sobre todo, del conjunto del espíritu mecánico-matemático de la ciencia en la Europa occidental...» (Troeltsch, «The Idea of Natural Law and Humanity in World Politics [1922]», en Otto Gierke, *Natural Law and The Theory of Society, 1500-1800*, traducido por E. Barker [Cambridge, 1934; reimpreso Boston, 1957], págs. 201-222, en la 210.) Troeltsch hacía hincapié (*op. cit.* [nota 32], págs. 1003-1004, 1028-1029), en que esta «revolución en la Wissenschaft» estaba confinada a las *Geisteswissenschaften* (Ciencias del espíritu), que las innovaciones revolucionarias en la ciencia natural no tenían un claro significado *weltanschaulich* (aceptable por todo el mundo), e insistía en que la estrecha relación de las ciencias naturales con la tecnología impediría el que se desecharan los métodos rigurosos, o su retroceso hacia la «Naturphilosophie» y el diletantismo. Pero, uno preguntaría a Troeltsch, qué es lo que ocurriría si, bajo la influencia de estas mismas corrientes intelectuales, los científicos exactos repudiaran, como de hecho hicieron, su conexión con la tecnología. ¿Podríamos esperar entonces algún paralelismo con la física romántica de comienzos del siglo diecinueve?

y formalismo de una sistematización lógica que todo lo deduce, elasifica y somete a conceptos» [36].

Litt continuaba señalando, una vez más, el a menudo advertido paralelismo entre el surgimiento de la *Lebensphilosophie* y la «ruptura victoriosa de las convicciones 'holísticas'» en biología (neovitalismo) y psicología (*Gestaltismo*, etc.) [37]. Tiene, por consiguiente, cierto interés preguntarse por la impresión que un biólogo-filósofo de estas convicciones recibió del medio intelectual de Weimar. Elocuente en este sentido es la introducción de Hans Driesch a *El hombre y el universo* (1928), ya que, a pesar de su vitalismo, holismo e idealismo, él también sentía que el medio ambiente era hostil a la ciencia y a la razón. Aún reconociendo que «no está de moda» el tener en cuenta los resultados de la ciencia natural, y que iba a ser duramente criticado por considerársele traidor a sus orígenes como científico, él acepta, no obstante, la caracterización de su método con el ignominioso epíteto de «racional» y mantiene que «el moderno desprecio por la ciencia [natural] es debido al hecho de que sus campeones toman el concepto en un sentido demasiado estrecho, a saber, como denotando una visión mecanicista del mundo» [38].

El historiador de la ciencia puede sentirse impulsado a objetar que es una tremenda mala interpretación el considerar a la física posterior a 1900 como «mecanicista», y que no se ha entendido en absoluto lo que es el positivismo si se le iguala con el mecanicismo, el materialismo o incluso con el racionalismo. De hecho, es difícil comprender cómo observadores contemporáneos generalmente fueron incapaces de reconocer en Mach, Ostwald, y sus cohortes un mo-

---

[36] Th. Litt, *Die Philosophie der Gegenwart und ihr Einfluss auf das Bildungsideal*, 2.ª ed. (Leipzig, 1927), págs. 32-33. Cf. Friedrich Meinecke, «Über Spengler's Geschichtsbetrachtung», *Wissen und Leben, 16* (1932), 549-561, tal y como aparece reimpreso en Meinecke, *Werke*, 4 (Stuttgart, 1959), 181-195, caracterizando el estado de ánimo prevaleciente en la época: «Uno también está cansado de tener solamente interrelaciones de causa y efecto [Ursache und Wirkung] demostradas una y otra vez de acuerdo a los métodos de conocimiento racionales, y cansado de efectuar tales demostraciones uno mismo; soy de la opinión de que en la humanidad y en la vida existe mucho más que un aparato de causalidad mecánica [Kausalitäten]. Uno se ha cansado de conocer y está sediento por vivir...»

[37] Litt, *loc. cit.*

[38] H. Driesch, *Der Mensch und die Welt* (Leipzig, 1928), trad. por W. J. Johnson como *Man and the Universe* (Londres, 1929), págs. 5-8. Cf. Karl Jaspers, *Die geistige Situation der Gegenwart* (Berlín-Leipzig, 1932), trad. por E. y C. Paul como *Man and the Modern Age* (Nueva York, 1933), pág. 159: «En la actualidad la anticiencia se pasea pomposamente por el exterior entre todas las facciones y sectas, y maniesta su influencia entre personas de las diversas idiosincrasias, pulverizando la propia sustancia de la existencia humana racional».

vimiento cuasi-romántico paralelo en varios aspectos a la *Lebensphilosophie*[39]. Pero todas estas objecciones están, por supuesto, fuera de lugar. La cuestión relevante es únicamente qué imagen tenía el público educado del científico y de su visión del mundo. La imagen del causalismo racionalista, mecanicista, condujo inevitablemente a una valoración negativa.

3. *Aliados intelectuales: El Círculo de Viena y la Bauhaus*

Pero ¿puede ser correcta esta descripción del medio intelectual en el que se movían los científicos? ¿Cuando decimos «cultura de Weimar», acaso no pensamos inmeditamente también en el Círculo de Viena y en el positivismo lógico, en la Bauhaus y en el funcionalismo, como sus expresiones típicas? ¿Y es que *estos* movimientos no fueron inherentemente afines al análisis racional y a los logros de la física y tecnología modernas?

Indudablemente el círculo de Viena, con su propósito de una «wissenschaftliche Weltauffassung» * basada en el empirismo y en el análisis lógico-atomístico de las estructuras conceptuales, tuvo una actitud muy positiva hacia las ciencias físicas y la matemática. Pero ¿cuán característica era su idea de lo que debía ser la filosofía? A veces somos conducidos a creer que el positivismo lógico, que de hecho sólo surgió como un programa coherente en 1929/30, fue la corriente dominante en la filosofía a lo largo de los años veinte. Así, H. Stuart Hughes pone al movimiento en pleno florecimiento a comienzos de la década de los veinte y representa al *Tractatus Logico-Philosophicus* de Ludwig Wittgenstein, cuya edición alemana (1921) permanece en el último número del fenecido *Annalen der Naturphilosophie* de Ostwald sin ser leído prácticamente por nadie, como «el trabajo filosófico más influyente de los años de la posguerra... [L]os neo-positivistas... fueron capaces de rehabilitar el método científico en filosofía... y durante dos décadas más Europa estuvo sin una filosofía que pudiera dirigirse al ciudadano ordinario...»[40].

---

* Descripción científica del mundo. *(N. del T.)*

[39] Stephen G. Brush, «Thermodynamics and History», *The Graduate Journal, 7* (1967), 477-565, en la 530.

[40] H. S. Hughes, *Consciousness and Society: The Reorientation of European Social Thought, 1890-1930* (Nueva York 1958; reimpreso en Nueva York, sin fecha), págs. 399-401. Antes de que aceptemos como un hecho el que el «ciudadano ordinario» fue abandonado por la filosofía, deberíamos escuchar lo que Heinrich Rickert tenía que decir sobre esta cuestión en 1920: «Nos parece que la mejor forma de designar al concepto que hoy en día y en gran medida domina la atmósfera intelectual general [die Durchschnittsmeinungen]

Sin embargo, uno sólo tiene que echar una ojeada a los manifiestos del Círculo de Viena para darse cuenta de que Hughes ha desfigurado el caso totalmente. En *Wissenschaftliche Weltauffassung: Der Wiener Kreis,* el folleto con el que, en 1929, el círculo se presentó por primera vez ante el público, «el tono», como correctamente señala Ringer, «era el de exasperados *outsiders*» [41]. De hecho, las líneas iniciales nos dicen: «Muchos afirman que el pensamiento teologizante y metafísico está aumentando de nuevo hoy día, no sólo en la vida ordinaria, sino también en la ciencia y en el saber [*in der Wissenschaft*]... La afirmación misma se puede confirmar fácilmente echando una ojeada a los temas de las conferencias en las universidades y a los títulos de las publicaciones filosóficas» [42]. Escribiendo en 1931 para su *Schriften zur Wissenschaftlichen Weltauffassung,* Philipp Frank, el físico profesional del grupo, citaba repetidamente a la «Ganzheitsphilosophie» * del *Kategorienlehre* (1924) de Othmar Spann como característica de la valoración negativa que se hacía de la ciencia natural y de las matemáticas en las «escuelas filosóficas» reinantes.

La esencia de las cosas permanece eternamente alejada de la disciplina que las describe mediante rasgos meramente externos (cuantitativos). Esta es la clave del por qué la ciencia natural causal y matemática no es una disciplina mentalmente creativa, abarcadora, como lo son las *Geisteswissenschaften* **... Por el contrario, la investigación cuantificadora, también llamada exacta, es únicamente medición, y, puesto que ignora la esencia de las cosas y debe descomponerlas en magnitudes para poder inventariarlas, no merece el nombre *Wissenschaft* en el mismo elevado sentido que las *Geisteswissenschaften*... Una cosa es la cuestión de la utilidad y las metas alcanzadas, y otra el valor *[Würde]* de las genuinas *Wissenschaften* ocupadas de la esencia de la totalidad. La moderna ciencia natural matemática no posee hoy tal valor [43].

---

es mediante la expresión *vida.* Desde hace algún tiempo se la utiliza con cada vez más frecuencia, y desempeña un gran papel no sólo entre los escritores populares, sino también entre los filósofos académicos. 'Erlebnis' y 'lebendig' son palabras favoritas, y no hay opinión que aparezca tan moderna como la de que la tarea de la filosofía es proporcionar una doctrina de vida, que modelada vital y genuinamente a partir de la experiencia sea capaz de ser utilizada por el ser vivo» (*Die Philosophie des Lebens. Darstellung und Kritik der philosophischen Modeströmungen unserer Zeit* [Tübingen, 1920], pág. 4).

[41] Ringer, *op. cit.* (nota 28), pág. 308.

[42] Sociedad Ernst Mach, *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis* (Viena, 1929), 63 págs., en la 9.

[43] O. Spann, *Kategorienlehre* (1924), según citada por P. Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen,* Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung, Band 6 (Viena, 1932), págs. 54-55.

* Filosofía de la totalidad. *(N. del T.)*

** Conjunto de ciencias del espíritu.

Distando mucho de dominar la filosofía alemana de los años 1920, el Círculo de Viena y el correspondiente grupo de Berlín —la *Gesellchaft für empirische Philosophie,* agrupada alrededor de Hans Reichenbach y de Richard von Mises— representaban, con su elevada valoración positiva de la ciencia natural matemática, un movimiento algo tardío y claramente marginal. La impresión que en 1929 Sidney Hood se llevó de vuelta a los Estados Unidos después de un año de estudios filosóficos en Alemania, fue la de que casi todas las escuelas contemporáneas «son sorprendentemente indiferentes a los métodos y resultados de la ciencia física moderna». Peor aún, «la actitud del filósofo alemán hacia la ciencia no siempre es la de la indiferencia. A menudo es una actitud de abierta hostilidad». Hook pensaba que los escritos de Hans Reichenbach serían de gran interés para el lector americano, pero que en Alemania Reichenbach es «ignorado por los filósofos académicos lo mismo que lo son todos los de su clase...» [44]. Dos décadas más tarde, al esbozar la historia del Círculo de Viena, Victor Kraft describía la gran resonancia que encontró el movimiento en el oeste europeo y en América, añadiendo tristemente: «Fue únicamente en Alemania en donde el enfoque del Círculo de Viena no fue seguido en absoluto» [45].

Con la Bauhaus la situación es algo diferente, puesto que el movimiento del que Walter Gropius era el principal representante fue en cierta medida característico de la cultura de Weimar [46]. Por tanto, en este caso nos debemos preguntar, más bien, si la nueva arquitectura y el movimiento asociado de diseño fueron la expresión de un impulso inherentemente afín a los métodos de las ciencias exactas o a los logros de la tecnología moderna. Sin embargo, cuando

---

[44] S. Hook, «A Personal Impression of Contemporary German Philosophy», *Journal of Philosophy, 27,* (1930), 141-160, en las 147, 159. La misma opinión es defendida menos vigorosamente por Kurt Grelling, «Philosophy of the Exact Sciences [en Alemania]», en *Philosophy Today,* ed. E. L. Schaub (Chicago, 1928), págs. 393-415.

[45] V. Kraft, *Der Wiener Kreis. Der Ursprung des Neopositivismus. Ein Kapitel der jüngsten Philosophiegeschichte,* 2.ª ed. (Viena, 1968), pág. 8. La primera edición fue publicada en 1950 *.

[46] Esto ha sido muy bien demostrado en lo que se refiere a la parte arquitectónica por Bárbara Miller Lane, *Architecture and Politics in Germany, 1918-1945* (Cambridge, Mass., 1968). Ver el discurso de Gropius ante la Thuringian Landtag en Weimar el 9 de julio de 1920: «Basándome en hechos indiscutibles, voy a demostrar ahora de manera convincente que lo que la Bauhaus ha conseguido es un desarrollo ininterrumpido y lógico que debe tener lugar, y ya está teniendo lugar en todos los lugares del país». (Hans M. Wingler, ed., *The Bauhaus, Weimar, Dessau, Berlin, Chicago,* traducida por W. Jabs y B. Gilbert ([Cambridge, Mass., 1969], págs. 42).

* Existe traducción al castellano, *El Círculo de Viena,* Taurus, Madrid, 1966. *(N. del T.)*

uno mira los manifiestos de este movimiento no puede sino sentirse sorprendido por su ambivalencia. En primer lugar, la concepción inicial y la dirección artística de la Bauhaus estaba ampliamente dentro de la tradición de William Morris de una vuelta a los oficios manuales como una *reacción en contra* de la tecnología moderna. Cuando Gropius comenzó, en buena medida debido a simples necesidades financieras, a reorientar la institución hacia el diseño industrial, tuvo que enfrentarse a una tenaz resistencia interna. «Con convicción absoluta rechazo el *slogan* 'Arte y Tecnología - Una Nueva Unidad'», escribía Lyonel Feininger en una carta en agosto de 1923; «esta mala interpretación del arte es, sin embargo, un síntoma de nuestros tiempos. Y la exigencia de unirlo con la tecnología es absurda desde cualquier punto de vista». Un antagonismo hacia la ciencia y la tecnología aparecía de forma más explícita en el manifiesto que Oskar Schlemmer bosquejó para el folleto publicitario de la primera exhibición que celebró la Bauhaus en el verano de 1923. «Razón y ciencia, 'los poderes más grandes del hombre', son los regentes, y el ingeniero es el albacea ecuánime de posibilidades ilimitadas. Matemáticas, estructura y mecanización son los elementos, y poder y dinero los dictadores de estos modernos fenómenos de acero, hormigón, cristal y electricidad... el cálculo captura el mundo transcendental: el arte se convierte en logaritmo» [47].

Más aún, incluso el mismo Gropius fue totalmente ambivalente en esta cuestión. «Mi principal propósito al planear el *curriculum* de la Bauhaus fue el preparar las facultades naturales individuales para abarcar la vida como un todo, como una entidad cósmica única... Nuestro principio guía fue que el diseño artístico no es un asunto intelectual ni material, sino simplemente una parte integral de lo que constituye la vida» [48]. Y así volvemos una vez más a la *Lebensphilosophie.*

4. *Ideales educativos y reformas*

Ahora que hemos obtenido una visión más clara de las actitudes reinantes entre las clases medias educadas con respecto a la ciencia

[47] Wingler, págs. 65-66, 69. El panfleto fue suprimido por la Bauhaus después de haber sido impreso, no por lo que Schlemmer decía acerca de la ciencia, racionalidad o tecnología, sino porque había permitido que un *slogan* favorito de la Bauhaus, «construyendo la catedral del Socialismo», se deslizase en el manifiesto.

[48] W. Gropius, *The New Architecture and the Bauhaus,* traducida por P. M. Shand (Londres, 1935), págs. 52, 89.

física y a la racionalidad analítica, actitudes que fueron especialmente intensas en el mundo universitario durante el período de Weimar, podemos apreciar mejor el gran recelo con que los matemáticos y físicos contemplaron el movimiento por una reforma educativa que siguió en la ola de la revolución. Y merece la pena examinar brevemente los ideales educativos anunciados por aquellas personas del Ministerio Prusiano de Educación que tenían el poder suficiente para convertir en ley y administrar tales reformas, ya que se ve de este modo tanto la resonancia que estas actitudes encontraron a lo largo del espectro político, como la inminencia de la amenaza que dichas actitudes constituían para las ciencias físicas.

El tema antirracionalista fue tocado a comienzos del período de Weimar por el *Staatssekretär* Carl Heinrich Becker. Becker, un distinguido islamista, había entrado en el Ministerio Prusiano de Educación durante la guerra y, como demócrata, fue elevado a la posición más alta en la administración civil después de que los social-demócratas expulsaran al *Kultusminister* Friedrich Schmidt en noviembre de 1918 [49]. «Lo peor de todo», afirmaba Becker en 1919 en un ensayo sobre la reforma universitaria que fue ampliamente leído, «es la sobrevaloración de lo puramente intelectual en nuestra actividad cultural, el predominio exclusivo del modo racionalista de pensar, lo que tenía que conducir, y ha conducido, al egoísmo y materialismo más estúpido posible». Y de nuevo, en otro panfleto escrito en esta misma época, Becker mantenía que «todo nuestro sistema educativo está demasiado exclusivamente orientado hacia el intelecto. Debemos aprender de nuevo a reverenciar lo irracional» [50]. Tal vez esto no sea demasiado sorprendente en un *Geisteswissenschaftler* académico. Sin embargo, uno debe pararse un

[49] Erich Wende, *C. H. Becker, Mensch und Politiker* (Stuttgart, 1959). Cf., Friedrich Schmidt-Ott, *Erlebtes und Erstrebtes, 1860-1950* (Weisbaden, 1952).

[50] C. H. Becker, *Gedanken zur Hochschulreform* (Leipzig, 1919), pág. ix; *Kulturpolitische Aufgaben des Reiches* (Leipzig, 1919), pág. 55: «Otra vez debemos *temer* realmente a lo *irracional*» *. Para otros ejemplos ver Adolf Grimme, ed., *Kulturverwaltung der zwanziger Jahre: Alte Dokumente und neue Beiträge* (Stuttgart, 1961), págs. 78-79; Wende, *op. cit.* (nota 49), pág. 305. Ver los comentarios de William D. McElroy, director de la U. S. National Science Foundation, en la Universidad de Indiana, el 12 de octubre de 1970: «En mi opinión, la comunidad científica en general debería considerar más cuidadosamente 'el nuevo romanticismo', haciendo hincapié en el hombre como una criatura que no sólo razona, sino que también experimenta sentimientos y emociones. Una dosis saludable de este punto de vista puede contrarrestar algo del énfasis extremo en el pensamiento racional que sospecho es endémico dentro de la comunidad científica». (*Science, 170,* [1970], 517).

* En alemán en el original. (*N. del T.*)

momento a pensar cuando encuentra al superior de Becker, el *Kultusminister* social-demócrata Konrad Haenisch, difundiendo los mismos *slogans* (¡recuérdense las tradiciones materio-racionalistas de su partido!): «Pero si... el pueblo alemán, que ha sufrido durante décadas por sus ataduras al mecanicismo y al materialismo..., si en nuestra vida espiritual no sólo lo intelectual sino también lo irracional han de recibir lo que merecen, entonces las barreras que actualmente separan a las universidades y a la gente tendrán que ser derribadas...» [51].

Por tanto, se ve que cualesquiera que hayan sido las consideraciones que puedan haber llevado a los oficiales gubernamentales a apoyar y a promover la investigación académica en las ciencias físicas, la actitud de estos políticos y burócratas «progresivos» hacia las ciencias «duras» , y particularmente hacia el estilo intelectual que ellos asociaban con estas disciplinas, no fue sin duda inambigüamente afirmativo [52]. «La disposición de círculos decisivos», advertía Wilhelm Hillers al *Mathematischer Reichsverband* en 1921, «no es favorable a las ciencias naturales». Y cuando el proyecto para la reforma de los planes de estudios de las escuelas secundarias debido al ministro prusiano de educación apareció finalmente en la primavera de 1924, éste demostró ser incluso peor de lo que se había temido. Dando por hecho que «la era económico-política, técnica y positivista... yace ahora tras nosotros», el ministro rechazó el justificar cualquier parte de los planes de estudios por razones de utilidad. Las pretensiones de las matemáticas y de la ciencia natural derivaban del, y sólo del, hecho de que «no solamente en Kant sino

---

[51] K. Haenisch, *Staat und Hochschule* (Berlín, 1920), págs. 110-11, citado por Ringer, *op. cit.* (nota 28), pág. 282. La habitual disposición de Haenisch para adoptar las ideologías políticas y sociales de los universitarios alemanes ha sido destacada por Hans Peter Bleuel, *Deutschlands Bekenner; Professoren zwischen Kaiserreich und Diktatur* (Berna, 1968), págs. 128-129. Diez años más tarde los socialdemócratas pedían una vez más el *Kultusministerium* prusiano. Su hombre, Adolph Grimme, escribiría en seguida a Martin Heidegger, el 14 de mayo de 1930, «como admirador y en un modesto sentido como discípulo..., no tengo que decirle lo muy ansioso que estoy [por traer a Heidegger a Berlín]. Con usted aquí, un tipo particular de filosofía, metafísica sobre todo, podrá extenderse por Berlín» (Grimme, *Briefe*, ed. D. Sauberzweig [Heidelberg, 1967], págs. 36-37).

[52] Una importante consideración que subyacía al nivel relativamente elevado de apoyo financiero a la investigación académica en las ciencias físicas fue, una vez más, el prestigio —en particular la imagen de la ciencia como un *substituto* del poder político y económico—. Ver: Brigitte Schröder-Gudehus, *Deutsche Wissenschaft und internationale Zusammenarbeit* (diss. Ginebra, 1966), páginas 181-189, 199; P. Forman, «Scientific Internationalism and the Weimar Physicists», *Science, War, and Internationalism, 1900-1939,* ed. Roger Hahn (en prensa).

también en Goethe [estos tipos de pensamiento] han codeterminado, hasta sus mismas raíces, los rasgos vitales del idealismo alemán» —lo que, no obstante, no era mérito suficiente para salvar a estas disciplinas de reducciones substanciales en la cantidad de tiempo asignado a ellas—. Para la vieja generación de matemáticos y físicos —para Friedrich Poske, Georg Hamel, Felix Klein— que habían estado luchando desde los años noventa por conseguir un lugar generoso para sus disciplinas en las escuelas secundarias alemanas, parecía que todo había sido en vano: «Esta reforma escolar», señalaba amargamente Klein, «significa para nuestro sistema educativo el final del siglo de la ciencia» [53].

5. *La crisis de la Wissenschaft*

En las secciones anteriores he estudiado desde distintos puntos de vista las actitudes hacia la ciencia y la razón que impregnaban el medio ambiente intelectual de los físicos y matemáticos de Weimar. Pero el medio intelectual no queda completamente caracterizado con la especificación de tales constituyentes substantivos, ni siquiera cuando el catálogo de valoraciones se complementa con una medida de la intensidad con que se defendieron cada una de estas actitudes. Para caracterizar completamente una atmósfera intelectual uno no debe especificar únicamente las analogías y las diferencias, las simpatías y las antipatías, sino también el talante, la moral, la visión predominante de la situación cultural contemporánea, así como las opiniones generalmente aceptadas acerca de qué era lo que exigía aquella situación, o hacia dónde debía conducir.

[53] W. Hillers, *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 31* (1922), parte 2, págs. 120-121. *Die Neuordnung des preussischen höheren Schulwesens: Denkschrift des Preussischen Ministeriums für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung* (Berlín, 1924), reimpreso en Hans Richert, ed., *Richtlinien für die Lehrpläne der höheren Schulen Preussens,* 7.ª ed. (Berlín, 1927), *1,* 17-77, en las 68-70. F. Klein era citado indirectamente por F. Poske, «Der naturwissenschaftliche Unterricht und die Neuordnung des preussischen höheren Schulwesens», *Naturwiss, 13* (1925), 73-75. El propio Klein, en una carta a G. Hamel, señalaba la «notable circunstancia de que el desarrollo del sistema escolar alemán ha tomado una dirección completamente diferente» a la que él había previsto en su conferencia de junio de 1918. *(Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft, 30* [1924], 44-45). Hamel, hablando en la Mathematischer Reichsverband *(Jahresberich der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 33* [1924], parte 2, pág. 63), estaba bastante de acuerdo: «De hecho, la nueva reforma escolar significa el completo rechazo del [Abkehr von] desarrollo anterior..., nos vuelve al período anterior a la primera reforma escolar de 1892».

Volviendo una vez más a los historiadores de las ideas y a los observadores contemporáneos de la escena intelectual, encontramos igual que antes una notable unanimidad con respecto a esta dimensión esencial del medio ambiente intelectual: existía un sentimiento generalizado de crisis, muy difundido entre las clases medias educadas, pero que era especialmente opresivo en los medios académicos. Estaba incluido en esto la permanente crisis económica y política, pero, lejos de limitarse a ello, se sentía que el fenómeno fundamental era una crisis moral e intelectual, una crisis de cultura, una crisis de ciencia y saber. Fritz Ringer, que ha prestado la mayor atención posible a la ideología universitaria alemana, y, en particular, a esta «crisis del saber», encontró que:

> A lo largo del período de Weimar se decía a menudo en los círculos universitarios que estaba desarrollándose una crisis. Nadie sintió la necesidad de definir la naturaleza exacta de esta crisis, ni de preguntarse de dónde surgía o qué es lo que involucraba. «A veces [escribía en 1924 el educador Aloys Fischer] se representa la situación actual como una crisis del... sistema económico únicamente, a veces como de la política y de la idea del Estado, o como una crisis del orden social. En otras ocasiones se la concibe de manera más profunda, e incluso como una crisis de toda la cultura intelectual y espiritual...» En cualquier caso, la crisis existía aunque sólo fuera en virtud del hecho de que casi todo alemán educado creía en su realidad [54].

Aunque esta idea de una crisis en o del saber tenía raíces que se remontaban al siglo anterior, únicamente surgió como un *cliché* universalmente convincente después de la derrota de Alemania. «La frase 'Krisis der Wissenschaft' ya se ha convertido en un *slogan* popular en boca de todo el mundo», señalaba el economista político Arthur Salz en 1921 [55]. Y así continuó a lo largo del período de

---

[54] Ringer, *op. cit.* (nota 28), pág. 245. Sería más exacto, tal vez, decir que aunque muchos universitarios sintieron sin duda una necesidad de definir la naturaleza exacta de la crisis, los diagnósticos fueron a menudo diametralmente opuestos. Por ejemplo, Arthur Liebert, *Die geistige Krisis der Gegenwart,* 2.ª ed. (Berlín, 1923), págs. 7-9, expresaba esta necesidad de manera terminante: el propósito de su ensayo «no es establecer y retratar ninguna crisis seleccionada arbitrariamente de la vida contemporánea, por muy sorprendente que sea la fuerza que pueda poseer. Lo que se pretende es más bien exponer *la* crisis de nuestro tiempo y de toda la opinión mundial contemporánea y del ambiente existente; esto es, el concepto y significado de todas las crisis individuales y el manantial metafísico y espiritual común que las condiciona y del que todas se nutren». Esto lo encontró en «el desastroso excepticismo histórico y el relativismo alimentado por el historicismo».

[55] A. Salz, *Für die Wissenschaft. Gegen die Gebildeten unter ihren Verächtern* (Munich, 1921), pág. 10. Es típica de este período, y acaso de este tipo de fenómeno, la circunstancia de que incluso los «oponentes» compartían

Weimar: «La idea de una tal crisis de cultura [Kulturkrise]», observaba Pierre Viénot una década más tarde, «pertenece hoy día al sólido haber de los hábitos de pensamiento generales en Alemania. Es una parte de la mentalidad alemana» [56]. Y a una distancia de un cuarto de siglo quedaba claro para Werner Richter, el lugarteniente de Becker encargado de la sección de universidades del Ministerio Prusiano de Educación, que «la auto-imagen [Selbstverständnis] de aquel período fue influenciada decisivamente por la toma de conciencia de una crisis de cultura» [57]. Volveré en el capítulo II a considerar cómo este sentimiento generalizado de crisis puede haber afectado a la retórica y a la *Selbstverständnis* de los físicos y matemáticos de Weimar; aquí únicamente haré énfasis en que implícita en este sentimiento de crisis existía una valoración negativa de las disciplinas científicas tradicionales, de sus métodos y de sus practicantes. Si el público educado estaba convencido de que «la actual *Wissenschaft,* junto con sus métodos, ha conducido a un ca-

---

en gran medida las actitudes que estaban combatiendo. Así, Troeltsch, *op. cit.* (nota 32), pág. 1026, encontró el ensayo de Salz «muy instructivo y sintomático, especialmente en su casi fatalista rendición a las corrientes anticientíficas, y en este sentido revolucionarias». Otro ejemplo, más adecuado, de esta circunstancia es Adolf von Harnack, historiador y teólogo pero presidente de la Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Respondiendo al desafío de Karl Barth, en el que atacaba su «Fünfzehn Fragen and die Verächter der wissenschaftlichen Theologie unter den Theologen [1923]», Harnack prevenía contra los esfuerzos «por denostar, eliminar de hecho la razón [Vernunft]... ¿Acaso no surge ahora de sus propias cenizas el ocultismo agnóstico?». Sin embargo, en otra ocasión («Stufen wissenschaftlicher Erkenntnis [1930]») encontramos a este portavoz de los intereses de las ciencias naturales declarando que «nuestro intelecto [Verstand] es el nacido físico matemático: al igual que el físico matemático, abstrae, calcula, pesa». Pero «este método de abstracción que corresponde al mecanismo» es incapaz de apreciar la «vida», «formas», «totalidades» que nos rodean. Además, la ciencia natural solamente constituye el segundo paso en la jerarquía cognoscitiva; por encima de ella se encuentra el conocimiento de la vida, seguido por el conocimiento del hombre, mientras que el quinto, último, y más alto nivel está ocupado por la filosofía. (Harnack, *Ausgewählte Reden und Aufsätze,* ed. A. von Zahn-Harnack y Axel von Harnack [Berlín, 1951], págs. 132-134, 177-180.)

[56] P. Viénot, *Ungewisses Deutschland. Zur Krise seiner bürgerlichen Kultur,* traducido por Eva Merstens (Frankfurt a. M, 1931), págs. 24-25. Es típica la observación del antiguo ministro prusiano de Educación, Otto Boelitz, en *Grundsätzliches zur Kulturlage der Gegenwart.* Flugschriften der deutschen Volkspartei, Folge 77 (Berlín, 1931), pág. 5: «Yo parto de la base de que la característica más acusada de la cultura actual es la de crisis cultural» *.

[57] W. Richter, *Wissenschaft und Geist in der Weimarer Republik,* Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Geisteswissenschaften, Nr. 80 (Colonia, 1958), 31 págs., en la 11.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

llejón sin salida»[58], entonces, inevitablemente, la estatura de todos aquellos que habían cultivado dichas ciencias por esos métodos se veía considerablemente disminuida. Recíprocamente, si el erudito o científico quería mantener su prestigio en su medio académico y más allá, entonces él también tendría que reconocer y ratificar la crisis, de la misma manera que tendría que repudiar los métodos y doctrinas tradicionales de su disciplina[59].

Naturalmente, fueron especialmente los *Lebensphilosophen* radicales los que recalcaron esta interpretación de la crisis del saber. Al ser una crisis del «monismo causal», de los métodos positivistas de la *Wissenschaft*, la crisis del saber debía ser seguida por una revolución que destruyese este estéril e intolerable mecanicismo en favor de una «nueva Wissenschaft» de valores, intuición, sentimiento, de lo vivo, lo orgánico[60]. Pero la propia convicción de la realidad de esta crisis de saber —incluyendo la imagen de la ciencia en un callejón sin salida— estaba todavía más ampliamente difundida que la misma *Lebensphilosophie*. Así, «el colapso de la ciencia fue

[58] A. Salz, *op. cit.* (nota 55), pág. 10. Cf. Hermann Weyl, «Felix Kleins Stellung in der mathematischen Gegenwart», *Naturwiss.*, *18* (1930), 4-11, en la 6: «el académico y la ciencia fueron puestos, en su consideración y valor social, en tela de juicio durante la última década, aparecieron como símbolo de la crisis». (Reimpreso en Weyl, *Gesammelte Abhandlungen* [Berlín, 1968], *3*, 292, 299.)

[59] Los académicos de Weimar se vieron ciertamente muy agitados por una variedad de amenazas visibles a su prestigio social, su liderazgo intelectual y su situación económica. Sin embargo, en general, veían en la democracia e instituciones republicanas la causa de la caída de su estima, esperando más bien a que la *Lebensphilosophie* restaurase su poder y prestigio. Cf. nota 40.

[60] E. Troeltsch, *op. cit.* (nota 32), pág. 1023. Tomando uno entre los innumerables ejemplos: Ernst Barthel, Privatdozent U. Köln, en un ensayo sobre «Mecanischer und organischer Naturbegriff», *Annalen der Philosophie, 5* (1925), 57-76, argumentaba que los «tres principios» de espacio, tiempo y causalidad han sido suficientemente analizados y reconocidos como los «fundamentos del pensamiento racional... Es también generalmente reconocido, sin embargo, que el pensamiento racional habitual de todo el mundo que asume estos principios conduce a antinomias e incomprensibilidades esenciales, que llevan al pensamiento a los límites de su competencia. La concepción orgánica de la naturaleza querría preguntarse ahora si podría ser posible que la sola y única manera de pensar fuese haciendo a tres principios abstractos la base para la explicación de un mundo lleno de contenido vivo concreto, o si, por el contrario, también la manera opuesta...» (pág. 71). La exploración de esta «manera opuesta» lleva, al final del artículo (págs. 75-76), a que «la cantidad de los fenómenos y sus mutuas conexiones residen en una región de armonía no causal [nichtkausal], que solamente se puede comprender mediante la intuición» y a que, en general, uno puede distinguir entre investigación científica «mecánica» y «orgánica», en tanto que el propósito de la primera es «abstracciones causales hipotéticas, utilizables prácticamente, mientras que el de la segunda es un conocimiento intuitivo de las conexiones esenciales inmanentes».

también pregonado vigorosamente por Hugo Dingler, un prolífico y ampliamente leído filósofo de la física, cuya orientación era fuertemente racionalista: «La situación en la que ya nada es nunca más realmente cierto, todo es posible y al mismo tiempo se mantiene también cada posición posible, en la que ya no existe ninguna base ni ninguna pauta, es decir, nada, nada que se pueda considerar cierto —en una palabra, el caos, el colapso—. En esta situación nos encontramos; justo en medio de ella. El público no lo sospecha, y los *Gelehrten* * cierran, a menudo desesperadamente, sus ojos» [61]. Y en opinión de Dingler, «este nuevo colapso de la ciencia, en cuyo centro nos encontramos... consiste en el colapso de la creencia en la certidumbre del principio experimental», esto es, en la posibilidad de establecer la verdad de una teoría en base a su acuerdo con el experimento [62].

En este punto, la «crisis del saber» comienza a tocar muy de cerca a los físicos de Weimar. Y cuando encontramos al anciano y conservador catedrático de Física Experimental de la institución en la que Dingler era *Privatdozent* ** aprovechándose de su período como rector para contradecir y deplorar la noción del «colapso de la ciencia», al menos en lo que se refiere a su propia ciencia [63], entonces creo que no es aventurado inferir que los físicos que no pudieron o no quisieron unirse a la revolución consideraron a tales doctrinas como factores que disminuían sus pretensiones y que amenazaban su prestigio tanto en el mundo académico como entre el público en general.

6. *La* Decadencia de Occidente *de Spengler*

La crisis de la cultura, la revolución en la *Wissenschaft,* la radical *Lebensphilosophie,* todo proclamado y compendiado por una extensa teoría de la historia mundial en la que —«das ist das

---

* Eruditos. *(N. del T.)*

** Profesores con derecho a enseñar en la Universidad, pero que no recibían ningún salario del Estado, sino únicamente de los alumnos que se matriculaban en sus cursos. Para llegar a ser *Privatdozent* había que pasar una habilitación. *(N. del T.)*

[61] H. Dingler, *Der Zusammenbruch der Wissenschaft und der Primat der Philosophie,* 2.ª ed. (Munich, 1931), pág. 10. La segunda edición difiere de la primera, 1926, solamente en la adición de notas suplementarias.

[62] *Loe. cit.*

[63] W. Wien, *Vergangenheit Gegenwart und Zukunft der Physik. Rede, gehalten beim Stiftungsfest der Universität München am 19. Juni 1926,* Münchener Universitätsreden, Heft 7 (Munich, 1926), 18 págs., en la 18.

Neue *[64] —física y matemáticas son tratadas junto al arte, la música y la religión como completamente condicionadas culturalmente. El primer volumen de *Der Untergang des Abendlandes* [*La decadencia de Occidente*] de Oswald Spengler[65], en el que tal teoría fue presentada y en el que se encuentran en general confinadas las extensas discusiones científicas, apareció en 1918. Aunque en ciertos puntos este libro lleva el sello de la mentalidad propia de la época de guerra —como, por ejemplo, en su valoración positiva de la tecnología—, en conjunto su pesimismo fatalista-relativista tuvo precisamente el tono adecuado para una Alemania derrotada. En cinco años el primer volumen pasó por treinta reimpresiones, y en 1926 la edición revisada publicada en 1923 había tenido otras treinta reimpresiones más —en total 100.000 copias en un país con escasamente tres veces aquel número de graduados superiores—. Leída prácticamente por todo el mundo en círculos universitarios —por los físicos también, como veremos— la reacción típica de profesor era: «De mi disciplina Spengler no comprende, por supuesto, ni la primera palabra, pero, aparte de esto, el libro es brillante»[66].

Ernst Troeltsch consideraba al primer volumen de la *Untergang* como el paradigma de la revolución en ciencia: «Es la primera revelación pública decisiva de la nueva *Wissenschaft,* y en ello reside una gran parte de su efecto cautivador». Para Lukács, Spengler es el representante característico de la *Lebensphilosophie* de los años de la posguerra[67]. Y para nosotros su libro es tanto más valioso

---

* Vale lo que es nuevo. *(N. del T.)*

[64] Recensión de E. Troeltsch del primer volumen de *Der Untergang* en el *Historische Zeitschrift* (1919), reimpreso en Troeltsch, *Ges. Schr., 4* (*op. cit.*, nota 32), 682. Troeltsch lo encontró, *inter alia,* «un significativo documento cultural de una época de crisis espiritual de la ciencia alemana» *.

[65] O. Spengler, *Der Untergang des Abendlandes. Umrisse einer Morphologie der Weltgeschichte.* Vol. 1: *Gestalt und Wirklichkeit* (Munich, 1918). Las primeras treinta y dos ediciones son iguales, y de éstas, de la tercera a la treinta y dos (1920-1922) tienen la misma paginación; me refiero a estas últimas ediciones como «ed. orig.». Las ediciones 33 a la 47, publicadas en 1923, son la edición revisada; todas tienen la misma paginación y me refiero a ellas como «ed. rev.». La traducción inglesa de la edición revisada a cargo de C. F. Atkinson, *The Decline of the West,* Vol. 1: *Form and Actuality* (Nueva York: Knopf, 1926), se denota como «Ed. ingl.». (Existe traducción al castellano debida a Manuel G. Morente, *La decadencia de Occidente,* Espasa-Calpe, Madrid, 1976).

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

[66] O al menos así le parecía a Gerhard Hessenberg, *Vom Sinn der Zahlen. Akademische Antrittsrede, gehalten an der Universität Tübingen am 8. Dezember 1921* (Leipzig, 1922), 56 págs., en la 31. Así le parecía también a Leonard Nelson, amigo de Hessenberg, *Spuk; Einweihung in das Geheimnis der Wahrsagerkunst Oswald Spenglers...* (Leipzig, 1921). Y en 1923 Friedrich Meinecke

como un índice de las actitudes hacia la ciencia y la razón en el medio ambiente intelectual a comienzos del período de Weimar porque, por una parte, otorga un lugar preminente a la física y a las matemáticas, y porque, por otra parte, fue la principal expresión de aquellas actitudes que en general los físicos y matemáticos de Weimar aceptaban.

La descripción spengleriana de la historia mundial se basa en la proposición de que las culturas principales son organismos autónomos, cada una completamente única, salvo un ciclo vital común. Cada manifestación cultural —arte, ciencia, o lo que sea— es simple y únicamente una expresión del alma de aquella cultura particular y como tal no es «válida», ni siquiera comprensible, fuera de aquella cultura, esto es, en otro lugar o época: «Cada cultura tiene sus propias posibilidades nuevas de auto-expresión que surgen, maduran, declinan, y nunca vuelven. No existe *una* escultura, *una* pintura, *una* matemática, *una* física, sino muchas, cada una diferente de la otra en su esencia más profunda, cada una limitada en duración y auto-contenida» [68].

Después de esbozar su programa en la «Introducción», Spengler intenta en su primer capítulo, «El significado de los números», establecer de una vez por todas su tesis de la no inteligibilidad mutua, demostrando (por iteración) que «No existe y no puede existir el número como tal. Existen diversos mundos de números porque existen diversas culturas» [69]. De manera análoga, «no existe matemática, sino únicamente matemáticas» [70]. En los capítulos siguientes, este relativismo radical se extiende a las ciencias naturales, y a la física sobre todo.

Y de hecho, en opinión del historiador solamente existe una *historia de la física*. Así todos sus sistemas se le aparecen a él como ni correctos ni incorrectos, sino como condicionados histórica y psicológicamente por el carácter

---

señalaba *(op. cit.*, nota 36) que «Cuando apareció el primer volumen de *La decadencia de Occidente* se oía frecuentemente dentro del círculo de eruditos profesionales [Fachgelehrten] el juicio: 'Lo que dice acerca de mi campo es, sin duda, un completo disparate. Pero todo lo demás es muy ingenioso [geistreich]'».

[67] Troeltsch, *op. cit.* (nota 32), pág. 1014. Lukács, *Zerstörung der Vernunft* *(op. cit.*, nota 25), págs. 364-378. La misma visión general del papel de Spengler es adoptada por Helmut Kuhn, «Das geistige Gesicht der Weimarer Zeit», *Zeitschr. f. Politik, 8* (1961), 1-10.

[68] Ed. orig., pág. 29; ed. rev., pág. 29; ed. ingl., pág. 21.

[69] Ed. orig., pág. 85; ed. rev., pág. 81; ed. ingl., pág. 59.

[70] «Es gibt keine Mathematik, es gibt nur Mathematiken». (Ed. orig., pág. 88; ed. rev., pág. 85; ed. ingl., pág. 60.)

de la época, y representando aquel carácter más o menos completamente[71] ...un científico de primera fila en tiempos de Arquímedes se habría declarado, después de un estudio exhaustivo de nuestra física teórica moderna, totalmente incapaz de comprender que alguien pudiese defender como científicas nociones tan grotescas, arbitrarias y complicadas, y todavía menos que se pudieran exhibir como consecuencias necesarias de los hechos observados[72].

Eliminando todos los criterios para caracterizar la verdad de una teoría científica por ser ellos mismos ilusiones condicionadas culturalmente, y desechando de un plumazo el argumento según el cual, como decía Boltzmann, «la máquina funciona», Spengler mantenía que: «Simplemente, no existen otras concepciones que no sean las antropomórficas... y así es con toda teoría física, no importa lo bien fundada que se supone que esté. Todo eso es en sí mismo un mito, antropomórficamente prefigurado en todos sus detalles. No existe ciencia natural pura, ni siquiera existe una ciencia natural que pueda ser considerada como común a todos los hombres [als allgemein menschlich]»[73]. Y aunque Spengler era un poco menos categórico en la segunda edición, en conjunto su extensión del relativismo cultural extremo a la física y a las matemáticas quería ser y fue recibido como un desafío a la ideología de los científicos. Al principio éstos pudieron hacer oídos sordos, pero, preguntados repetidamente acerca de sus reacciones, en un año o dos todos tuvieron que enfrentarse con ello.

Todavía más importante para nuestra investigación que las notorias tesis de Spengler relativas a la no objetividad de las ciencias exactas son las interpretaciones específicas que éste hizo de la física del post-renacimiento, su contenido y su futuro. El contenido de la física y las matemáticas occidentales no es, por supuesto, sino una expresión del alma de la cultura occidental —de la cultura «fáustica» como la denomina Spengler—. Y la característica esencial, determinante de la ciencia «fáustica» es, y ya no nos sorprende escucharlo, «el *Kausalitätsprinzip*, la forma lógica del sentimiento del mundo fáustico»[74]: «Vemos, por consiguiente, que el principio de causalidad, en la forma en que es auto-evidentemente necesario para nosotros —la base de verdad concertada para nuestras matemáticas, física y filosofía— es un fenómeno occidental y, hablando más estrictamente, barroco...»[75]. Pero aunque la causalidad ha rei-

[71] Ed. orig., pág. 167; suprimido en la ed. rev.
[72] Ed. orig., pág. 530; ed. rev., pág. 491; ed. ingl., pág. 380.
[73] Ed. orig., pág. 533; suprimido en la ed. rev.
[74] Ed. orig., pág. 551; suprimido en la ed. rev.
[75] Ed. orig., pág. 549; ed. rev., págs. 507-508; ed. ingl., pág. 392.

nado soberanamente en la ciencia exacta moderna, es sin embargo —y aquí viene la *Lebensphilosophie*— una construcción artificial erigida como una defensa en contra de la más fundamental, y fundamentalmente irracional, noción de destino, *Schicksal.* Esta es, de hecho, la «clave» al problema de la historia mundial.

Me refiero a la oposición entre la *idea del sino* y el *principio de causalidad,* una oposición que, en su profunda necesidad de configuradora del mundo, no ha sido reconocida hasta ahora como tal... Sino es la palabra para una indescriptible certidumbre interna. Uno clarifica la esencia de lo causal mediante un sistema físico o epistemológico, mediante números, mediante análisis conceptuales... El uno nos exige desmembrar, el otro crear, y aquí yace la relación del sino con la vida y de la causalidad con la muerte [76].

Tenemos así el tema *Lebensphilosophisch* fundamental, con el que ya estamos demasiado familiarizados, inflado hasta proporciones cósmicas. Una y otra vez Spengler iguala causalidad, análisis conceptual y física, y los fustiga a través del escenario de la historia mundial.

Porque el principio de causalidad es una tardía, rara, y únicamente para los intelectos enérgicos de culturas superiores, una segura, aunque algo artificial pertenencia. Expresa miedo del mundo. Con él el intelecto ahuyenta lo demoníaco en la forma de una necesidad continuamente válida, que rígida [starr] y destruyendo el alma se extiende sobre la imagen del universo físico. Causalidad es equivalente al concepto de ley. No hay más que leyes causales [77].

El sabio abstracto, el científico de la naturaleza, el que piensa en sistemas, cuya existencia espiritual se funda en el principio de causalidad, es una manifestación «tardía» del odio a las fuerzas del sino, de la incomprensión [78].

Las palabras «tiempo» y «sino» ponen, al que instintivamente las emplea, en contacto con la vida misma, en sus profundidades más recónditas —la vida, como un todo que es inseparable de lo vivido—. Por otra parte, la física, la razón, *tienen* que separar esas dos cosas. Lo vivido en sí, separado del acto vivo del observador, y transformado en objeto, muerto, inorgánico, rígido [starr] —esto es, la Naturaleza como mecanismo, como algo que la matemática puede agotar...—. Esta es la eterna confusión de toda la física como la expresión de un alma. Toda la física es un tratamiento del problema del movimiento, en el que reside el propio problema de la vida, no como si se pudiese resolver algún día, sino incluso aunque sea irresoluble [79].

---

[76] Ed. orig., págs. 164-165; ligera, pero insignificantemente, alterado en la ed. revisada, págs. 154-155; ed. ingl., págs. 117-118.

[77] Ed. orig., pág. 165; primera frase modificada y segunda y tercera frases omitidas en la ed. rev., pág. 155; ed. ingl., pág. 118.

[78] Ed. orig., págs. 168-169; ed. rev. pág. 158; ed. ingl., pág. 120.

[79] Ed. orig., págs. 542-543; ed. rev., págs. 501-502; en donde la frase «Esta es la eterna confusión...» está suprimida; ed. ingl., págs. 388-389. Cf. Harnack (*op. cit.,* nota 55): «nuestro intelecto es el nacido físico matemático».

Es sorprendente en este último pasaje la elaboración que hace Spengler de un complejo nocional adelantado por Bergson y que pronto sería codificado como existencialismo en trabajos como *Ser y tiempo,* de Heidegger [80]. El tiempo, nos asegura Spengler, es «algo intensamente personal»; de hecho, «nosotros mismos, en tanto que vivimos, somos tiempo». Se sigue, por consiguiente, que la física realmente «no tiene nada que ver con el tiempo», no conoce su dirección, y lo elimina en favor de una «red de causa y efecto... de duración independiente del tiempo» [81]. Asimismo, hay que advertir para referencia posterior el epíteto favorito de Spengler para la causalidad: *starr,* esto es, envarado, rígido; con el que se pretende evocar y reforzar una antítesis entre causalidad y vida, una asociación de la causalidad con la muerte (df. *die Totenstarre,* rigor mortis) [82].

La acusación de Spengler de física = causalidad es tanto más abrumadora en cuanto que él pretende ser un conocedor de las ciencias físicas y de la tecnología moderna, para quien «las profundidades y refinamientos de las teorías matemáticas y físicas son una alegría», y que «por las formas suntuosamente claras e intelectuales de un rápido buque de vapor, de una estructura de acero, de un torno de precisión, la sutileza y elegancia de algunos procesos ópticos y químicos, doy con gusto toda la guardarropía estilística del arte actual, incluidas la pintura y la arquitectura» [83]. A *él* no se le debe descartar como un esteta, un romántico; *él* es un sólido realista que, apreciando completamente la física moderna, «nuestra ciencia más madura y estricta» [84], «la obra maestra del espíritu fáustico» [85], nos dice qué clase de manifestación cultural es realmente, y cuál, según el ciclo ineludible del desarrollo cultural, debe ser su destino.

Ante nosotros se encuentra una última crisis espiritual que envolverá toda Europa y América. El helenismo tardío nos dice cuál será su desarrollo. La tiranía de la razón —de la que no somos conscientes porque la generación actual está en su cúspide— es para cada cultura una época entre el hombre

---

[80] Publicado en Edmund Husserl, *Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschung, 8* (1927), 1-438.

[81] Ed. orig., págs. 170-172; ed. rev., págs. 158-160; ed. ingl., págs. 120-122.

[82] De esta manera en la ed. orig., págs. 69, 165, 167, 574, y en la pág. 156 de la ed. rev., en donde se añade un *starr* adicional: «la rígida apariencia universal [starre Weltmaske] de la causalidad» *.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

[83] Ed. orig., pág. 60; ed. rev., pág. 60; ed. ingl., págs. 43-44.

[84] Ed. orig., pág. 215; ed. rev., pág. 205; ed. ingl., pág. 156.

[85] Ed. orig., pág. 608; suprimido en la ed. rev.

y el anciano, y nada más. Su expresión más característica es el culto de las ciencias exactas, de la dialéctica, de la demostración, de la causalidad [86].

Ahora bien, la historia de las culturas superiores demuestra que la «ciencia» es un espectáculo transitorio, que pertenece únicamente al otoño y al invierno de sus ciclos vitales, y que... bastan unos pocos siglos para que se agoten completamente sus posibilidades. La ciencia clásica se extinguió entre las batallas de Cannas [216 a. C.] y de Accio [31 a. C.], dejando el puesto a la imagen cósmica de la «segunda religiosidad». Es posible predecir, por lo tanto, el final del pensamiento físico de Occidente [87].

Aún nos queda diseñar el ocaso de la ciencia occidental. Desde nuestra perspectiva actual es claramente visible la trayectoria decadente... He aquí lo que yo predigo: En este siglo, en la era del alejandrinismo científicocrítico, la resignación superará al deseo de victoria de la ciencia. La ciencia europea está avanzando hacia la autodestrucción a través del refinamiento del intelecto... Pero el camino del escepticismo conduce a la «segunda religiosidad»... Nadie cree todavía en el agotamiento del espíritu, ni siquiera a pesar de que ya lo sentimos agudamente en todos nuestros miembros. Pero doscientos años de civilización y de orgías científicas acaban por hartar. No es el individuo sino el alma de la cultura la que se harta, y lo manifiesta enviando al mundo histórico del día unos investigadores cada vez más pequeños, más estrechos, más infecundos... en física como en química, en biología como en matemática, los grandes maestros han muerto, y hoy vivimos el *decrescendo* de los epígonos que saben ordenar, reunir y concluir, como los alejandrinos en la época romana [88].

Con gusto dejaría esto —y con esta intención se escribió— como la medida de la visión histórica del mundo de Spengler, ya que habría sido difícil idear una valoración y descripción más errónea de la física de comienzos del siglo veinte. Pero a pesar de lo perversa y denigrante que es esta imagen, debe no obstante ser reconocida como lo que fue: una parte integral de un análisis de la cultura occidental, de su estado en aquel momento y de sus perspectivas futuras, que expresaba y configuraba las nociones e inclinaciones de las clases educadas de la Alemania de la posguerra.

Sin embargo, desde otro punto de vista, el análisis que hizo Spengler de la física contemporánea, confuso y contradictorio, como todo su tratado, demuestra un destello de preciencia. Ya que la

---

[86] Ed. orig., págs., 607-608; ed. rev., pág. 551; ed. ingl., pág. 424.

[87] Ed. orig., pág. 532; ed. rev., pág. 492; en donde la frase: «dejando el puesto a la imagen cósmica de la 'segunda religiosidad'» fue añadida y la frase final suavizada a: «Y de esto es posible vislumbrar una época en la que nuestro pensamiento científico occidental habrá alcanzado el límite de su evolución». (Ed. ingl., pág. 381).

[88] Ed. orig., págs. 607-609; ed. rev., págs. 551-553, en donde están modificadas ligera, pero insignificantemente; ed. ingl., págs. 424-425.

física de su generación no sólo está marchando lentamente por un camino ya andado, atando cabos sueltos, sino que también, según Spengler, se está desintegrando *y* metamorfoseando, experimentando una transformación en los propósitos y principios de la explicación científica paralela al *Zeitgeist* *, la «segunda religiosidad».

La física europea occidental ha llegado —no nos engañemos— al límite de sus posibilidades... Aquí se encuentra el origen de la repentina y aniquiladora duda que ha surgido en torno a cosas que hasta ayer mismo eran consideradas como fundamentos inamovibles de la teoría física, el significado del principio de la energía, los conceptos de masa, espacio, tiempo absoluto, y en general las leyes naturales causales [n. b.]... esta duda se extiende a la misma posibilidad de la ciencia natural.

Qué profundo y totalmente inconsciente escepticismo se aprecia, por ejemplo, en el empleo cada día más frecuente de los métodos enumerativos y estadísticos, que aspiran a obtener sólo una probabilidad en los resultados y que renuncian por anticipado a la exactitud absoluta de las leyes naturales, como se entendían antes, en la época de la esperanza [89].

No es, por supuesto, a la teoría cuántica a la que se refiere Spengler en la edición original. Cuando habla de los conceptos de masa, espacio, tiempo y energía tiene en mente sobre todo evidentemente la teoría de la relatividad, y sus comentarios acerca de la estadística y la probabilidad se refieren especialmente a los fundamentos atomísticos de la segunda ley de la termodinámica. Pero la mención de dudas en torno al concepto de las leyes naturales causales va más allá de estas teorías; yo mismo no sé exactamente lo que Spengler, el profeta, tenía en mente [90], pero sus imágenes y asociaciones ciertamente sugieren aquellas que, como demuestro en el capítulo III, comenzaron a aparecer poco después en los escritos de los físicos teóricos alemanes.

---

* Espíritu de la época. (*N. del T.*)

[89] Ed. orig., págs. 596-597; ed. rev., págs. 541-542, de nuevo modificado insignificantemente; ed. ingl., págs. 417-418.

[90] No citado, como virtualmente todas las fuentes de Spengler, pero casi con toda seguridad importante, fue el ensayo de Wilhelm Wien «Ziele und Methoden der theoretischen Physik. Festrede... Universität zu Würzburg. Gehalten am 11. Mai 1914», publicado en aquella época en varios lugares y reimpreso en Wien, *Aus der Welt der Wissenschaft. Vorträge und Aufsätze* (Leipzig, 1921), págs. 150-171. Si esto fuese así, las dudas acerca de la causalidad que Spengler piensa que encuentra entre los físicos son, como tanto de lo que Spengler lee y extrae de sus fuentes científicas, simplemente una confusión. Si, por el contrario, Spengler se está basando en el *Festrede* de Max Planck del 4 de agosto de 1914 (ver nota 158 más adelante), entonces evidentemente ha comprendido a su autor muy bien.

La estadística, como la cronología, pertenecen al dominio de lo orgánico, a la vida que se mueve en direcciones varias, al sino y al azar, no al mundo de las leyes exactas y de la mecánica eterna e intemporal...

Cuanto más se acerca la dinámica a su fin, por agotamiento de sus posibilidades internas... tanto más enérgica se manifiesta, junto a la necesidad inorgánica de la causa, la necesidad orgánica del sino... El desarrollo de este proceso viene marcado por la aparición de una serie de audaces hipótesis, todas de estructura similar... Esto se manifiesta, sobre todo, en la extraña hipótesis de la desintegración atómica... Este sino alcanza sólo a unos pocos individuos de un agregado de átomos radiactivos, dejando intactos a los vecinos [91].

Aquí están, por consiguiente, el destino y la salvación de la física —una reunificación de pensamiento y sentimiento, un autodescubrimiento de la física como una expresión fundamentalmente religioso-antropomórfica—:

Alcanzada su meta, la trama inmensa y cada vez más absurda y manida, tejida por la ciencia de la naturaleza, se rompe en pedazos. No era otra cosa, al fin y al cabo, que la estructura interna de la mente... Pero debajo reaparece lo primario y más profundo, el mito, el devenir inmediato, la vida misma... Del alma gótica surgió el espíritu ciudadano, *alter ego* de la ciencia natural irreligiosa, ensombreciendo el sentimiento original del universo. Pero hoy, en el ocaso de la época científica, en el estadio del escepticismo victorioso, las nubes se disipan y el tranquilo paisaje matutino reaparece con perfecta claridad... cansada después de su esfuerzo, la ciencia occidental vuelve a su hogar espiritual [92].

[91] Ed. orig., págs. 603, 605-606; ed. rev., págs. 547 (en donde «mecánica eterna e intemporal» se convierte en «causalidad intemporal»), 549-550; ed. inglesa, págs. 421, 423.

[92] Ed. orig., págs. 614-615; ed. rev., págs. 556-557; ed. ingl., págs. 427-428.

Capítulo II

ADAPTACION DE LA IDEOLOGIA AL MEDIO AMBIENTE INTELECTUAL

1. *Introducción*

Para nosotros, Spengler compendia un conjunto de actitudes, ampliamente difundidas entre los alemanes educados, explícitamente hostil a la ideología de las ciencias exactas y a los conceptos específicos empleados en ellas. En el resto de este trabajo exploro algunos aspectos de la respuesta de los representantes de estas ciencias en la Europa central germano-parlante: en primer lugar la respuesta al nivel de ideología; esto es, exploro el efecto de este medio ambiente intelectual sobre las justificaciones declaradas de la actividad científica, sobre la posición epistemológica de los científicos «exactos», así como sobre sus ímpetu, espíritu y confianza en el futuro de sus disciplinas.

No intento, sin embargo, construir aquí una tipología completa de las respuestas ideológicas al medio intelectual de Weimar, sino que me limitaré a ilustrar unas pocas de entre las más sorprendentes adaptaciones ideológicas. La imagen resultante, en la que se hace hincapié en los ejemplos de adaptación, pero no en los de resistencia, es necesariamente unilateral. No obstante, el desequilibrio no es tan grande como cabría esperar, tanto porque los casos de un físico o un matemático proponiendo enérgicamente ideales antitéticos a los de su medio son ciertamente raros, especialmente an-

tes de los últimos años del período de Weimar [93], [94], y porque, como veremos, ocurre a menudo que el mismo científico que en un contexto ofrece resistencia a las corrientes anticientíficas presentes en

[93] Aparte de la literatura discutida más adelante (Capítulo III) en relación con la disputa sobre la ley de causalidad, los ejemplos tomados de los comienzos del período de Weimar aparecen casi exclusivamente en la forma de, y limitados a, rechazos y refutaciones del libro y tesis de Spengler. De este tipo son los opúsculos de Leonard Nelson y Gerhard Hessenberg citados en la nota 66, P. Riebesell, «Die Mathematik und die Naturwissenschaften in Spengler's 'Untergang des Abendlandes'», *Naturwiss.*, *8* (1920), 507-509; y el prefacio de la segunda edición de Franz Exner, *Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften* (Leipzig-Viena, 1922), págs. vi-xiii. Otras afirmaciones del «enfoque científico» son como poco ambivalentes: así, por ejemplo, la «Introducción» de Max Born, *Die Relativitätstheorie Einsteins* (1920), trad. H. L. Brose como *Einstein's Theory of Relativity* (Londres, 1924), págs. 1-6. Al reimprimir la «Einleitung» como la primera selección de Born, *Physik im Wandel meiner Zeit*, 4.ª ed. ampliada (Braunschweig, 1966), el tan característico epígrafe de Goethe fue omitido: «El placer más perfecto del ser humano pensante es el haber investigado con éxito lo que es investigable, y el reverenciar sosegadamente aquello que no es investigable».

[94] Solamente conozco dos afirmaciones claras, inambiguas, de un ideal antitético pronunciadas ante una audiencia académica; ambas son de *finales* del período de Weimar cuando, como ha señalado Sontheimer (*op. cit.*, nota 26, págs. 43 ff), hubo un endurecimiento general de resistencia al irracionalismo entre los intelectuales: Richard von Mises, *Über das naturwissenschaftliche Weltbild der Gegenwart. Rede bei der Feier... der Berliner Universität... am 27. Juli 1930* (Berlín, 1930), 29 págs., reimpreso en *Naturwiss.*, *18* (1930), 885-899; Konrad Knopp, «Der Einfluss der Naturwissenschaft auf das moderne Bildungsideal», en H. Gerber, ed., *Die Universität. Ihre Geschichte, Aufgabe und Bedeutung in der Gegenwart. Öffentliche Vorträge der Universität Tübingen, Wintersemester 1932-33* (Stuttgart, 1933), págs. 189-217. Debe hacerse aquí también mención a Wilhelm Blaschke, *Leonardo und die Naturwissenschaften. Rede, gehalten am 10. November 1927, Zum Antritt des Rektoramts an der Universität Hamburg*, Hamburger mathematische Einzelschriften 4 (Leipzig, 1928), 15 págs.; a Walter Kossel, *Die Einheit der Naturwissenschaft. Rede beim Antritt des Rektorats der... Universität [Kiel] am 5. März 1929* (Kiel, 1929), 22 páginas; y sin duda también a las últimas líneas de la conferencia pública de David Hilbert en la *Naturforscherversammlung* en Königsberg en septiembre de 1930, «Naturerkennen und Logik», *Naturwiss.*, *18* (1930), 959-963, reimpreso en Hilbert, *Gesammelte Abhrandlungen*, *3* (Berlín, 1935; reimpreso en Nueva York, 1965), 378-387: «aquel que es sensible a la verdad del modo liberal de pensamiento y de la visión del mundo que surge con esplendor de estas palabras de Jacobi, no sucumbe al escepticismo reaccionario y estéril; no creerá a aquellos que con talante filosófico y tono de superioridad profetizan hoy el ocaso de la cultura occidental [den Kulturuntergang] y que encuentran placer al declarar 'ignorabimus'. Para el matemático no existe 'ignorabimus', y de la misma manera para la ciencia natural tampoco existe, en mi opinión, ninguno... La verdadera razón por la que Comte fue incapaz de encontrar un problema insoluble es, en mi opinión, simplemente porque no existe un problema insoluble. En lugar de ese necio 'ignorabimus', hagamos por el contrario que nuestra solución sea: Debemos conocer, / Conoceremos». Hermann Weyl, «Zu David Hilberts siebzigstem Geburtstag», *Naturwiss.*, *20* (22 de enero de 1932), 57-58,

su medio, en otro contexto aparece coqueteando con proposiciones íntimamente asociadas con aquellas mismas corrientes. Además, este aspecto de la respuesta del científico es particularmente interesante e instructivo, ya que contradice ampliamente la suposición habitual de la autonomía intelectual en las modernas y profesionalizadas disciplinas científicas. Esto proporciona una motivación y un apoyo esencial para la afirmación que hago en el capítulo III, de que la predisposición de los físicos alemanes hacia leyes de la naturaleza acausales también surgió como una forma de adaptación a su medio ambiente intelectual.

Como ocurre hoy con la moda «ecologista», así también en el período de Weimar fue el biólogo quien podía adaptar más fácilmente su ideología y valores a los del medio ambiente intelectual. La vida, este símbolo central, era su propia especialidad. Parafraseando a un portavoz de la disciplina [95], de entre todas las ciencias naturales, la biología merece un lugar especialmente amplio en el currículum escolar, ya que es la que menos merece el reproche de dirigirse al «conocimiento para el poder»; su misión es contrarrestar la alienación de la naturaleza en nuestra era tecnológica; proporciona el nexo de unión entre las *Naturwissenschaften* y las *Geisteswissenschaften*, porque trabaja, en parte, con el concepto de ley científica, pero también con las técnicas de la comprensión y comunicación del significado; nos lleva al borde de lo irracional y nos enseña a respetar aquello que está más allá de la investigación racional. Tampoco son estos argumentos únicamente para el consumo público y gubernamental; al recomendar a su hijo mayor un trabajo reciente sobre la filosofía de la educación, el eminente embriólogo Hans Spemann alaba al autor, Eduard Spranger, porque «por encima de todo trata a lo vivo y a lo espiritual con la reverencia y el amor del artista; lo deja vivir y no lo descompone en piececitas muertas» [96]. Pero aunque los materiales son más ricos en algunos aspec-

---

reimpreso en Weyl, *Ges. Abbl., 3,* 346-347, citaba esta última frase, añadiendo que «nuestros contemporáneos no están contentos de oír este tipo de cosas; ven en ello racionalismo superficial o arrogancia humana, y con un torrente de confusas palabras apelan a la 'propia vida' o a la profunda 'verdad existencial', o a la 'creatividad' *(creatureliness)* del hombre para justificar su rechazo de la razón [Ratio]. Y, por supuesto, una frase de aquí y otra de allí en la conferencia de Hilbert suenan sospechosamente similares a las palabras con que Gottfried Keller ridiculizaba a su científico natural... Sin embargo, uno comete una injusticia con Hilbert si mete su racionalismo en el mismo saco que, digamos, el de Haeckel».

[95] Philipp Depdolla, «Biologie», *Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft, 37* (1931), 183-190.

[96] Carta del 12 de octubrre de 1928 citada en H. Spemann, *Forschung und Leben,* ed. Friedrich Wilhelm Spemann (Stuttgart, 1943), pág. 229. Uno no

tos, y más flagrante la evidencia de la influencia del medio ambiente intelectual, la biología no es mi disciplina.

2. *Del positivismo a la* Lebensphilosophie

Desde su período como rector de la Universidad de Würzburg en 1914 hasta su muerte en 1928, Wilhelm Wien fue —junto con Max Planck— el más destacado portavoz de la física en Alemania. Sus ensayos semidivulgativos y sus conferencias fueron particularmente numerosos en el período 1918-1926, y por consiguiente nos proporcionan un ejemplo especialmente llamativo del rapidísimo cambio de actitud que siguió a la derrota de Alemania en la Primera Guerra Mundial. El 1 de mayo de 1918, hablando en Dorpat sobre «Física y la teoría del conocimiento», Wien hacía hincapié en la independencia y autonomía de la física —con respecto a la filosofía especialmente; en su ayuda, la física sólo recurre a las matemáticas, la química y la tecnología—. Afirmaba categóricamente y sin ningún tono de excusa que Helmholtz era un «empirista puro, opuesto particularmente a la filosofía idealista alemana, y, sobre todo, a Hegel». Más importante, el grueso de la conferencia fue dedicado a una discusión de las ideas de Ernst Mach, que Wien aceptaba en gran medida con algunas modificaciones convencionalistas y otras realistas [97]. En su machianismo y, lo que es más importante para nosotros, en su prontitud para propugnarlo delante de una audiencia universitaria, Wien no era en absoluto en aquel momento un caso aislado. Aquel mismo verano, el físico aplicado Hermann Th. Simon presentó, en su discurso como rector de la Universidad de Gotinga, una narración totalmente positivista de cómo adquirir el conocimiento del universo mediante la adaptación de nuestras ideas a nuestras sensaciones, para lo cual se basaba en Mach y Avenarius [98].

Compárese ahora esto con el Willy Wien que aparece en septiembre de 1919 en un artículo conmemorando el veinticinco ani-

---

puede sino sentir simpatía por Spemann, que tuvo que sufrir durante los comienzos del siglo veinte la cruz de «Entwicklungs*mechanik*» que el final del siglo diecinueve había adherido a su campo.

[97] W. Wien, «Physik und Erkenntnistheorie. Vortrag, gehalten in Dorpat am 1. Mai 1918», *Aus der Welt der Wissenschaft. Vorträge und Aufsätze* (Leipzig, 1921), págs. 209-234.

[98] H. Th. Simon, *Leben und Wissenschaft, Wissenschaft und Leben. Rektoratsrede zur Jahresfeir der Georgia Augusta [Universität Göttingen] am 26. Juni 1918* (Leipzig, 1918), 32 págs.

versario de la muerte de Helmholtz [99]. En un tono apologético, Wien explicaba que, a pesar de que es cierto que Helmholtz se convirtió en un empirista «a través de su oposición a la escuela hegeliana» —n. b., no al idealismo— y que nunca fue capaz de abandonar esta posición, no obstante siempre estuvo interesado en la «totalidad de las ciencias», y siempre tuvo en mente metas «ideales» no «materiales», siempre apuntó al «dominio del espíritu». Tenemos así que Wien reconoce implícitamente la serie de ecuaciones construidas repetidamente por los antagonistas de la ciencia moderna —empiricismo = positivismo = expecialización estrecha = utilitarismo = materialismo—, intentando únicamente hacer una excepción con Helmholtz quien, se nos dice, si viviese en la actualidad pensaría en el «idealismo alemán» como el medio para ponernos en pie de nuevo. Por supuesto, en este ensayo no existe el menor rastro de positivismo; ninguna mención a Mach. En febrero de 1920, el propio «idealismo» de Wien había madurado de tal manera que al hablar en una sesión pública de la Academia Prusiana de Ciencias sobre «Las conexiones entre la física y otras disciplinas», presentaba el «postulado de la cognoscibilidad de la naturaleza» como «en última instancia no muy alejado de la idea fundamental de la filosofía hegeliana de la identidad» [100], y en noviembre de 1925 se le podía encontrar derramando lágrimas ante el claustro de su universidad por el abandono, alrededor de veinte años antes, del requisito de que la filosofía, la «disciplina unificadora», fuese una de las materias secundarias en todo examen para obtener el grado de doctor por una universidad alemana [101].

Wien puede muy bien ser el único físico alemán que haya expresado su pesar por aquel requisito, pero en modo alguno es un caso aislado anunciando una reciente inversión en la deplorable

[99] W. Wien, «Hermann von Helmholtz», reimpreso de *Naturwiss.*, *7* (5 de septiembre de 1919), 645-648, en *Aus der Welt der Wissenschaft*, págs. 86-94.

[100] W. Wien, «Über die Beziehungen der Physik zu andern Wissenschaften. Öffentlicher Vortrag, gehalten in der Preussischen Akademie der Wissenschaften in Berlin am 27. Februar 1920», *Aus der Welt der Wiss.*, págs. 16-40, en la 28. Y de nuevo, dieciocho meses más tarde, podemos encontrar a Walther Nernst abordando esta cuestión en su *Rektorats-Antrittsrede* «si no se halla también en la filosofía de la identidad, como casi siempre ocurre en esta clase de fiestas espirituales, un núcleo sàno» * *(Naturwiss., 10* [1922], 489-495, en la 490).

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

[101] W. Wien, *Universalität und Einzelforschung. Rektorats-Antrittsrede, gehalten am 28. November 1925*, Münchener Universitätsreden, Heft 5 (Munich, 1926), 19 págs., en las 14-15. Todas las universidades alemanas con la excepción de Berlín habían abandonado este requisito a comienzos del siglo.

tendencia anterior hacia la fragmentación y el aislamiento de la física de otras disciplinas [102], o en una completa supresión de su anterior positivismo. En el período que cubre toda la época de Weimar sólo conozco un caso de un físico alemán que se atreviese a mencionar, en una conferencia universitaria de tipo general, el nombre de Mach con claro sentido aprobatorio y que se asociase a sí mismo con las doctrinas epistemológicas de Mach. Tampoco fue mera coincidencia el que al adoptar esta valerosa postura al *final* del período de Weimar, Richard von Mises rechazase el asociarse con las exigencias de síntesis, «considerando» —como hizo Mach— «la principal filosofía tolerar una imagen del mundo incompleta» [103].

La renuncia al positivismo estuvo íntimamente relacionada —tanto para Wien como para todos sus colegas físicos— con una renuncia al «conocimiento para el poder», a la dominación de la naturaleza, a la utilidad como el objeto, motivo o justificación de la investigación científica. En junio de 1914, pasando revista, como rector de la universidad de Würzburg, al desarrollo de las universidades alemanas durante el siglo anterior, Wien había dado únicamente una medida de los logros conseguidos en los campos de la física y la química; a saber: que «habían creado los cimientos sólidos sobre los que se han erigido los pilares de nuestra industria», y había reprochado a las universidades por su fracaso en incorporar como facultades técnicas a las *Technische Hochshulen* * [104]. La conferencia de Wien de mayo de 1918 sobre «Física y epistemología» en la que rechazaba cualquier relación con la filosofía, fue seguida unos días después por otra acerca de «Física y tecnología», cuyo tema básico, repetido hasta la saciedad, fue el «apoyo y estímulo» que *estos* dos campos han recibido el uno del otro y que deberían seguir recibiendo en el futuro [105]. En los años que siguieron, Wien jugó de

* Escuelas técnicas superiores. *(N. del T.)*

[102] El rechazo de la acusación de fragmentación, de desintegración de la imagen del mundo proporcionada por la investigación especializada, es seguramente el tema más común de las conferencias universitarias de tipo general a cargo de los físicos. Así Hermann Weyl, *op. cit.* (nota 58): «Indudablemente se oyen una y otra vez quejas acerca de la extensión de la especialización en las ciencias. Creo, sin embargo, que en conjunto en las décadas recientes la situación ha mejorado en lugar de empeorar». Análogamente, Walther Kossel, *Die Einheit der Naturwissenschaft* (*op. cit.*, nota 94).

[103] R. von Mises, *Über das naturwissenschaftliche Weltbild* (*op. cit.*, nota 94), pág. 27. W. Ostwald, *Lebenslinien* (*op. cit.*, nota 19), 2, 312.

[104] W. Wien, «Die neuere Entwicklung unserer Universitäten und ihre Stellung im deutschen Geistesleben. Rede für den Festakt in der neuen Universität am 29. Juni 1914», *Aus der Welt der Wissenschaft*, págs. 1-15, en la 14.

[105] W. Wien, «Physik und Technik, Vortrag, gehalten in Reval am 6. Mai 1918», *Aus der Welt der Wiss.*, págs. 235-263.

hecho un papel clave en la creación y funcionamiento de la Helmholtz-Gesellschaft, que canalizó por primera vez un importante apoyo financiero de la industria alemana a los institutos de física de las universidades alemanas. Sin embargo, en sus conferencias académicas del período de Weimar nunca dejó deslizar ni una sola palabra relativa a esta comprometedora relación [106].

El desplazamiento de aquel elemento de la ideología que definía «el significado de la investigación física» fue anunciado por Wien en su discurso de febrero de 1920 ante la Academia Prusiana de Ciencias. Esta cuestión, se nos dice, puede juzgarse desde dos puntos de vista muy diferentes. El primero ve a la investigación física como dirigiéndose a la «dominación humana sobre las recalcitrantes fuerzas de la naturaleza». Wien reconoce implícitamente que su audiencia es muy hostil a cualquier concepción de este tipo, y después de señalar que dicha investigación no debe proceder necesariamente de un «modo de pensamiento puramente materialista», pasaba a su propio, y segundo, punto de vista, «libre de toda parcialidad hacia una meta específica [Zielstrebigen]». La investigación física no es, en realidad, sino la expresión del «puro instinto humano para investigar»; «surge únicamente de una necesidad interna del espíritu humano» —adviértase la implícita *Lebensphilosophie*— «un ansia», explica Wien, «por comprender la causalidad de los sucesos» [107]. Wien se mantuvo fiel a esta nueva línea en todas sus otras conferencias universitarias. En noviembre de 1925, siendo rector de la Universidad de Munich, su discusión de la «universalidad e investigación especializada» toca las aplicaciones tecnológicas de la ciencia física en un único párrafo, y aún así solamente para recalcar qué ideas científicas que parecen referirse al principio únicamente a un campo limitado pueden llegar a tener enormes consecuencias prác-

---

[106] W. Wien, «Die Helmholtz-Gesellschaft und ihre Bedeutung für die deutsche Physik...», *Die Helmholtz-Gesellschaft zur Förderung der physikalisch-technischen Forschung in sieben Jahren ihres Wirkens* [impreso privadamente], 1928, págs. 7-11. Esta renuncia a la utilidad en la esfera académica no estuvo totalmente falta de compensación. El *slogan* «conocimiento para el poder» fue cambiado por «conocimiento como un sustituto del poder», «Wissenschaft als Macht-Ersatz». Ver B. Schröder, *op. cit.* (nota 52). Hay que decir, no obstante, que no parece que los químicos universitarios hayan tenido reparos, al contrario que los físicos, en discutir aplicaciones técnicas y en justificar su ciencia mediante ellas.

[107] W. Wien, *op. cit.* (nota 100), pág. 28. *Cf.* el mineralogista Gottlob Linck, *Über Wesen und Wert der Universität. Rede, gehalten... am 19. Juni 1920... zu Jena vom Rektor der Universität* (Jena, 1920), pág. 4: «Al igual que el ciervo tiende hacia el agua fresca, así tiende nuestra alma hacia el conocimiento» *.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

ticas. Tiene mucho cuidado, sin embargo, en no aparentar estar alabando a la ciencia con este motivo. A lo largo de la conferencia, Wien se abstiene totalmente de cualquier intento de justificar a la ciencia por su utilidad. Por el contrario, la meta de la ciencia es la *cultura*: «La importancia de un logro científico puede ser medida en última instancia sólo por el efecto que tiene sobre la vida intelectual», «los resultados de la investigación no tienen ningún valor si no son incorporados a la cultura» [108].

Tal y como sugiere su referencia a la causalidad, Wien mantenía ideas muy firmes acerca de qué resultados de investigación deberían ser incorporados a la cultura y cuáles no. Y aunque, como veremos en el capítulo III, muchos de los colegas de Wien adoptaron una opinión diferente del concepto de causalidad, sin embargo estaban completamente de acuerdo con él en lo relativo al motivo, meta y justificación de la investigación física. «La fuerza motriz común» a toda la investigación desarrollada en la universidad —escuchaban en boca de su nuevo rector, el *físico aplicado* Friedrich Krüger, los miembros de la Universidad de Greifswald— es «la necesidad humana innata por obtener siempre nuevo conocimiento... Todas las fuerzas motrices externas que nacen de consideraciones de utilidad y necesidad para nuestra existencia física, así como para su desarrollo, no ejercen ninguna influencia en absoluto». ¡Y, después de esta introducción, Krüger dedicó su *Rektoratsrede* * a la cuestión de la muerte térmica del universo! [109].

---

* Discurso rectoral. *(N. del T.)*

[108] W. Wien, *op. cit.* (nota 101), págs. 13, 17 y 19, respectivamente. *Cf.* el físico teórico Erwin Madelung, *Die Bedeutung der Wissenschaft im Rahmen unserer Kultur. Rede anlässlich der Übernahme des Rektorates* [1931], Frankfurter Universitätsreden 39 (Frankfurt a. M., 1932), 16 págs., que explica (páginas 2-4) que por «Kultur» entiende «todo lo que amplía y enriquece nuestra vida interior, lo que está, creo, suficientemente de acuerdo con el uso habitual... Queremos, por consiguiente, dejar aquí completamente al margen la consideración de utilidad práctica y la estéril acumulación de información, por muy importante que ésta sea. Queremos preguntarnos únicamente qué necesidades espirituales [geistige Bedürfnisse] tenemos y en qué medida éstas se ven satisfechas por la ciencia». Naturalmente, «nuestras necesidades surgen del oscuro manantial de nuestra existencia viviente».

[109] F. Krüger, *Materie und Energie im Welt-Geschehen. Rektoratsrede,* Greifswalder Universitätsreden 15 (Greifswald, 1928), 29 págs. «Alle äusseren Triebkräfte des Nützlichen und für die äussere Existenz und ihre Förderung Notwendigen kommen nicht in Frage» ** (pág. 3). Sólo al final de su conferencia, a propósito de la desintegración artificial de los átomos, hizo Krüger alguna referencia a la aplicación del conocimiento científco, a saber, a «extraer la energía del átomo como uno de los mayores problemas técnicos merecedor

** Citado en castellano en el texto. *(N. del T.)*

Esta ideología teñida con *Lebensphilosophie* —que el valor de la física reside en y se deriva del hecho de que es la expresión de un impulso humano irreductible y no analizable (para el conocimiento de la naturaleza, en este caso)— alcanzó hacia 1929 la categoría de doctrina ortodoxa, ocupando las primeras páginas del volumen dedicado a los «Fundamentos generales de la física» en la nueva edición del *Handbuch der Physik* [Manual de Física]. Rechazando firmemente la aplicación tecnológica como una medida del valor del conocimiento físico, y rechazando, aunque menos firmemente, el establecimiento de un *Weltanschauung* * como meta de la investigación física, Hans Reichenbach explicaba que «la cosa más importante que se puede decir acerca de ello [esto es, de hacer física] es que es una necesidad, que surge en el ser humano exactamente igual que el deseo de vivir, o de jugar, o de formar una comunidad con otros» [110].

A primera vista parece muy sorprendente que incluso Reichenbach, esto es, incluso un representante del «riguroso» empirismo lógico, haya adoptado los criterios de valor y la ideología de la empresa física de un medio intelectual específicamente hostil a su posición filosófica. Esta circunstancia se hace menos sorprendente si uno recuerda que la propia tradición positivista contenía un elemento substancial de *Lebensphilosophie* y que, además, existía un sólido precedente machiano para considerar a la ciencia natural como el producto de un impulso humano básico. Qué horrorizada se habría sentido Hedwig Born si hubiera sabido que su apotegma einsteinniano favorito —«Siento tal solidaridad con todo lo viviente, que para mí es una sola cosa el comienzo y el final de lo individual», que había escuchado a la cabecera de su cama cuando yacía críticamente enferma en 1917-18 y que encontró tan bello que lo citaba una y otra vez el propio Einstein [111]— expresaba también de hecho un sentimiento genuinamente machiano-positivista.

---

de los más arduos esfuerzos..., en consecuencia vemos en la actualidad una inmensa competición en los laboratorios de las naciones civilizadas... para encontrar métodos de extraer esta energía» (págs. 28-29).

* Visión del mundo. *(N. del T.)*

[110] H. Reichenbach, «Ziele und Wege der physikalischen Erkenntnis», *Handbuch der Physik,* Band 4: *Allgemeine Grundlagen der Physik,* ed. H. Thirring (Berlín, 1929), págs. 1-80, en las 1-2. En lo referente a la nueva disciplina de la «física técnica», Reichenbach la descarta (pág. 11) con la observación de que incluso aunque ahora ha alcanzado un lugar en las universidades alemanas «por su forma de ser es una técnica y no una ciencia» **, ya que una *Wissenschaft* (ciencia) se dirige únicamente al «Erkenntnis» (conocimiento).

** En alemán en el original. (*N. del T.*)

[111] Born-Einstein, *Briefwechsel* (*op. cit.,* nota 14), pág. 113.

Pese a tales sentimientos no hemos alcanzado en modo alguno los límites de la comunidad de valores y actitudes entre los científicos y su medio intelectual *lebensphilosophisch*. La «ininterrumpida fuerza vital» de las matemáticas aplicadas, el «entrelazamiento *lebensvollste**» de las matemáticas con la ciencia natural y la tecnología, el entrenamiento de los estudiantes a través de la «interacción viva con el trabajo científico espontáneo», el mantenimiento de las matemáticas» en contacto con el material concreto de la vida», y evitando el peligro de que se «hiciera rígido como una pura forma distante de la vida» —todos estos ejemplos de retórica de la «vida» están sacados de una sola conferencia, de escasamente media docena de páginas, de Richard Courant [112]—. Sin duda que la retórica de la «vida» de Courant, su «organismo», «espontaneidad», «éxtasis», «fantasía», «instinto», «intuición», son considerablemente más exhuberantes que los de la mayoría de sus colegas. Es indicativo, no obstante, de una participación sustancial de los físicos y matemáticos en los valores de su medio cultural.

Otro ejemplo sorprendente de esta participación es el asentimiento de los científicos exactos a la proposición de que sentimiento e intelecto son antitéticos, incapaces de coexistir en un estado exaltado en una sola persona, y que el sentimiento es la cualidad más elevada [113]. Einstein expresó muy bien esto en una carta a H. A. Lorentz: «En su caso la Naturaleza tuvo el raro impulso de unir una mente aguda con un cálido sentimiento. Si al menos esto ocuriese a menudo...» [114]. Teniendo en cuenta esta clasificación, no es sor-

* Pleno de vida. *(N. del T.)*

[112] R. Courant, «Über die allgemeine Bedeutung des mathematischen Denkens», *Naturwiss., 16* (1928), 89-94. «Vortrag, Tagung Deutscher Philologen und Schulmänner, Göttingen, September 1927». Sin embargo, bajo la apariencia de esta retórica, Courant permanecía sustancialmente firme en lo relativo a la concepción intelectualista tradicional y a las pretensiones cognoscitivas de las matemáticas.

[113] El exponente «clásico» de esta tesis fue Ludwig Klages, que todavía es considerado un gran profeta en Alemania en la actualidad. De hecho, la editorial de la Deutsche Physikalische Gesellschaft publicó recientemente una colección de ensayos —*Physik, Gleichung und Gleichnis. Vorträge und Aufsätze über Physik* (Mosbach i.B., 1967)— de Eberhard Buchwald, un teórico mediocre que en los años 1920 estaba esforzándose por labrarse una carrera en física aplicada. Allí se puede leer, págs. 68-80, la contribución de Buchwald a *Ludwig Klages, Erforscher und Künder des Lebens* (Linz, 1947), y conocer lo que Klages, «entronizado» junto a Heráclito, Goethe y Nietzsche, podía representar para un «dankerfüllten Fachphysiker» *.

* Físico especialista agradecido. *(N. del T.)*

[114] Einstein a H. A. Lorentz, 3 de abril de 1917. Microfilm de los papeles de Lorentz en el Algemeen Rijksarchief, La Haya, depositado en los Archives for the History of Quantum Physics (ver nota 13), en el microfilm n.º 6. En lo

prendente el que los físicos y los matemáticos respondieran tan ineficazmente a la acusación de «intelectualismo» presentada por Becker *et al.* Tampoco es sorprendente el que ellos mismos buscasen el motivo, meta y justificación de su propia actividad científica en el sentido y el instinto, en el deseo de, y no en el hecho de, conocimiento. Como sucintamente lo expresó Wilhelm Ostwald, ya en su ancianidad, «la razón, y la ciencia con ella, es solamente un servidor del sentimiento» [115].

Además, aquí debemos añadir aquel símil tan curioso en la explicación de Reichenbach de por qué uno hace física —es «como el deseo de formar una comunidad con otros», la necesidad emocional característica del período de Weimar—. En la famosa «Introducción» a su libro sobre la *Teoría de la relatividad de Einstein*, escrito en 1920, Max Born daba expresión a este mismo anhelo de «comunidad», de participación en algún todo que transciende lo individual, manteniendo que «todas las religiones, filosofías, ciencias son procedimientos diseñados con el propósito de extender el «yo» al «nosotros». Lo que distingue al científico es su resolución —«a menudo estremecimiento»— para conseguir su meta sacrificando lo absoluto en beneficio de la objetividad. Y es de *esta* manera como «desaparece» para el físico «el dolor de la soledad espiritual, formándose el puente a espíritus afines» [116]. Y con esta concesión de que la ciencia es sobre todo un medio para satisfacer ciertas necesi-

---

referente a la posición superior del sentimiento: Einstein a Hedwig Born, 1 de septiembre de 1919, *Briefwechsel* (*op. cit.*, nota 14), págs. 32-33, y Einstein a Jacob Laub [1909?], citada en Carl Seelig, *Albert Einstein: Eine dokumentarische Biographie* (Zurich, 1954), pág. 117.

115 W. Otswald, «Von der Formel zur Form», *B. Z. am Mittag*, 3 de noviembre de 1926, citado en Grete Ostwald, *Wilhelm Ostwald, mein Vater* (Stuttgart, 1953), págs. 229-230.

116 M. Born, «Introduction» a *Einstein's Theory of Relativity* (*op. cit.*, nota 93). La inclinación de Born hacia lo que se puede denominar «*Lebensphilosophie* futurista» —tal como se halla expresada por Walther Rathenau, por ejemplo— se revela en su recomendación de la *Apologie der Technik* (Leipzig, 1922) de Richard N. Coudenhove-Kalergi, «cuyo contenido me ha iluminado mucho» ** (Born a Einstein, 7 de abril de 1923, *Briefwechsel* [*op. cit.*, nota 14], pág. 110). En lo referente a la ciencia como primariamente un medio de satisfacer necesidades emocionales, compárese E. Madelung (*op. cit.*, nota 108), pág. 14, respondiendo a aquellos que dan un mayor valor a las *Geisteswissenschaften* que a las *Naturwissenschaften:* «En lo relativo al juicio de valor, quiero hacer hincapié una vez más en que obviamente no importa tanto lo que uno hace y qué métodos emplea, sino mucho más cómo uno contempla su propia actividad, si uno se siente más rico y libre a través de ella, y más seguro frente a las formas cambiantes de la vida».

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

dades emocionales, hemos llegado de nuevo al propio axioma de la «revolución en la ciencia».

3. *Capitulación al spenglerismo*

En la sección anterior he demostrado, me parece, la existencia de una notable prontitud de los físicos de Weimar para adaptar su ideología a los valores de su entorno. No obstante, las adaptaciones mostradas allí, aunque implicaban redefiniciones de la motivación y justificación de hacer física, no alteraron explícitamente las concepciones fundamentales del método científico, ni significaron una renuncia a las pretensiones cognoscitivas de las ciencias exactas, o el abandono de la confianza en su futuro desarrollo, tal y como exigía y predecía Spengler. Pero si desplazamos ligeramente nuestro foco de atención de los físicos a los físicos teóricos y matemáticos, entonces aparece una tendencia distinta que lleva la adaptación ideológica a estas regiones vitales y que adopta proposiciones específicas que en aquella época fueron atribuidas a, o asociadas de manera muy estrecha con, la *Untergang des Abendlandes*[117].

Un caso de lo más sugerente e interesante de clara influencia spengleriana se puede encontrar en la conferencia inaugural (y de despedida) de Richard von Mises como catedrático de Mecánica en el *Technische Hochschule* de Dresden, pronunciada en febrero de 1920, después de que Von Mises hubiere aceptado una cátedra de matemáticas aplicadas en la Universidad de Berlín. El argumento de Von Mises —o mejor, la concesión al medio intelectual— de que la «era de la tecnología», a la que debían su resurgir las *Technische Hochschulen,* estaba acabándose, creó una considerable conmoción. Su consejo a estas instituciones era en el sentido de que hicieran

[117] El desplazamiento con respecto a los físicos experimentales es en buena parte simplemente una consecuencia de su relativa inarticulabilidad. Pero no completamente. Si en general los físicos experimentales no fueron tan lejos en su adaptación ideológica como los físicos teóricos y los matemáticos, fue también debido en parte a que tenían menos de qué retractarse. Parece que en el período de Weimar los físicos teóricos se acercaron más a los matemáticos, con los que se vieron agraviados conjuntamente en la mente del público, y con los que sus relaciones podían en algunos aspectos ser menos forzadas que las que mantenían con los físicos experimentales. Unos veinte físicos teóricos notables eran miembros de la Deutsche Mathematiker-Vereinigung en 1924, la mitad de los cuales se habían adherido a ella en o después de 1918 (*Jahresbericht,* 34 [1925], Parte 2, págs. 49-92), y ello a pesar de que las reuniones anuales de la Deutsche Physikalische Gesellschaft y de la Deutsche Mathematiker-Vereinigung se celebraban normalmente en el mismo lugar y fecha, obviando casi en gran medida la necesidad de una adhesión formal a ambas organizaciones.

lo posible por acomodarse a la ola del futuro entrando en el campo que estaba destinado a reemplazar a la tecnología en la «conciencia cultural», a saber, la ciencia natural especulativa, en particular la relatividad y la física atómica. En estos temas, afirmaba Von Mises, hemos tenido durante las dos últimas décadas un período como el de Copérnico, Galileo y Kepler. «No es una cuestión de hechos nuevos de algún tipo, ni de proposiciones teóricas nuevas, ni siquiera de nuevos métodos de investigación, sino, si puedo decirlo —y tomando esta palabra en su sentido filosófico— de nuevas intuiciones [Anschauungen] del mundo». La Física atómica ha retomado «la pregunta de los viejos alquimistas», «armonías numéricas, incluso misterios numéricos juegan un papel, recordándonos tanto las ideas de los pitagóricos como algunas de los cabalistas» [118].

Sorprendentes como son estos comentarios en boca de un positivista convencido, por imposible que hubiese sido encontrar razonamientos similares dos años antes, por mucho que nos recuerden la predicción de Spengler de que un nuevo misticismo era el destino y la salvación de la ciencia natural, todavía falta evidencia *prima facie* de una relación con *La decadencia de Occidente*. De hecho, el precedente inmediato y probable inspiración de la referencia de Von Mises a las armonías y misterios numéricos es un artículo de Arnold Sommerfeld sobre «Un misterio numérico en la teoría del efecto Zeeman», que apareció algunas semanas antes en el *Die Naturwissenschaften*, así como el prefacio del libro de Sommerfeld *Estructura atómica y líneas espectrales*, que había aparecido a finales de 1919 [119]. Allí Sommerfeld había hablado del «misterioso órgano en el que la naturaleza toca la música espectral» de las esferas atómicas. Con posterioridad Sommerfeld iría considerablemente más allá en esta dirección. Un discurso ceremonial en una sesión pública de la Academia Bávara de Ciencias, en julio de 1925, ofreció a Sommerfeld la oportunidad de recalcar que «junto a este giro hacia lo

---

[118] R. v. Mises, *Naturwissenschaft und Technik der Gegenwart. Eine akademische Rede mit Zusätzen*, Abhandlungen und Vorträge aus dem Gebiete der Mathematik, Naturwissenschaft und Technik, Heft 8 (Leipzig, 1922), 32 páginas, en las 2, 5, 16, respectivamente. La publicación inicial sin el *Zusätze* había sido en el *Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure, 64* (1920), 687-690, 717-719.

[119] A. Sommerfeld, «Ein Zahlenmysterium in der Theorie des Zeemaneffektes», *Naturwiss.*, *8* (23 de enero de 1920), 61-64, sobre el cual ver mi «Alfred Landé and the Anomalous Zeeman Effect, 1919-1921», *Historical Studies in the Physical Sciences, 2* (1970), 153-261; Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 1.ª edición (Braunschweig, 1919), pág. viii. Sommerfeld estaba lo suficientemente satisfecho con este *Sphärenmusik* pasaje como para reimprimirlo en las 2.ª, 3.ª y 4.ª ediciones, 1920-1924.

aritmético va una cierta inclinación de la física moderna hacia la mística numérica pitagórica. Precisamente los investigadores con mayor éxito en el campo del análisis espectral teórico —Balmer, Rydberg, Ritz— eran místicos declarados de los números... ¡Si al menos Kepler hubiese conocido la teoría cuántica actual! Habría visto realizados los sueños más atrevidos de su juventud...» [120].

Es cierto que, habiéndose entregado con cierta extensión a tales retóricas, Sommerfeld concluía con la esperanza de que «no se sospechase que él estaba hablando en favor del misticismo en su sentido ordinario, tal y como surge en los impulsos astrológicos, metafísicos y espiritualistas de nuestro tiempo». Nada más lejos de su propósito, insistía; no estaba hablando de cosas humanas, sino únicamente de leyes de la naturaleza, y lo que él pretendía era más bien atacar al «convencionalismo», «positivismo» y «filosofía machiana» [121]. No obstante, está perfectamente claro que, a pesar de su negación, Sommerfeld estaba satisfaciendo de hecho tanto las inclinaciones antirracionalistas como las antipositivistas de su audiencia, e intentando proyectar una imagen de la física que encontrase favor en su audiencia y que elevase ante sus ojos el prestigio de la disciplina. Y uno no puede sino sorprenderse ante la estrecha correspondencia entre esta imagen y la que Spengler esbozó en las últimas páginas de *La decadencia de Occidente*.

Pero volvamos a Von Mises —sobre el que se puede establecer

---

[120] A. Sommerfeld, *Die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die heutige Physik. Festrede, gehalten in der öffentlichen Sitzung der B. Akademie der Wissenschaften... am 15. Juli 1925* (Munich, 1925), 17 págs., reimpreso en Sommerfeld, *Ges. Schr.* (*op. cit.*, nota 21), *4*, 564-579, en las págs. 573-574.

[121] *Ibid.*, págs. 575-576. Cf. George Hamel, presidente de la Mathematischer Reichsverband, al que también hemos visto previamente lanzarse en contra de la ola de irracionalismo y anti-intelectualismo, resumiendo su *Rektoratsrede* pronunciada el 30 de junio de 1928 en el Technische Hochschule Berlin: «La matemática tradicionalmente aparece como la ciencia racional *per se;* para el profano el matemático es un calculista. En oposición a ello yo mantengo la tesis de que la matemática es un arte, y que, en el análisis final, está condicionada no lógica sino transcendentalmente... El matemático es un poeta. Al igual que el dramaturgo crea una forma... El problema de los números irracionales introduce a la matemática en la metafísica... Veo el fundamento genuino de toda la matemática en la pura *Anschauung* * de Kant... Para concluir me opongo a la errónea interpretación de que mis comentarios representan un repudio del intelectualismo. Aunque la base irracional de la matemática ha sido claramente reconocida, ello no modifica en lo más mínimo la obligación que tiene el matemático de proceder de manera puramente lógica dentro de su ciencia, con el mayor cuidado, con modos precisos de inferencia». (Hamel, «Ueber die philosophische Stellung der Mathematik», *Forschungen und Fortschritte*, *4* [1928], 267).

* Intuición. *(N. del T.)*

de hecho una influencia directa de Spengler por los alrededores de septiembre de 1921—. Cuando en esta época Von Mises añadía un apéndice a la reimpresión de su conferencia de 1920, su tono había cambiado completamente, su entusiasmo y optimismo desaparecido. Von Mises había adoptado en gran medida, y *explícitamente*, la perspectiva y suposiciones de Spengler. Es «al menos altamente probable que la gran estructura, en construcción durante los últimos cinco siglos, de una cultura occidental orientada completamente hacia el conocimiento y la realización, colapse en los siglos venideros. Desde este punto de vista se debe contar a la teoría de la relatividad y a la física atómica moderna entre las últimas piezas destinadas a coronar la estructura». Aceptando la doctrina de Spengler de que las culturas, como «organismos vivos», son fundamentalmente inconmensurables, Von Mises declaraba «totalmente fuera de duda» que la cultura que sucederá a la nuestra «continuará las ciencias exactas tal y como nosotros las entendemos». Tampoco se pueden rechazar tales opiniones por pesimistas, «como si el hombre, consciente de su ancianidad y de lo inevitable de su muerte, fuese un pesimista porque se enfrenta con este hecho y actúa en consecuencia»[122]. ¿Qué significaría para un físico o un matemático, se pregunta uno, el «actuar en consecuencia»? ¿Podría posiblemente significar que se esfuerza por alterar el contenido de su ciencia y la propia naturaleza de la empresa científica, para cumplir así las profecías de Spengler?

Lo que es probablemente más sorprendente y a la vez aterrador en el Von Mises de septiembre de 1921 en su falta de nervio, la pérdida completa —tal y como Spengler predecía— del espíritu, de la auto-confianza que uno espera en un físico matemático. Y en esto Von Mises no era el único en absoluto. Por el contrario, se pueden encontrar numerosos ejemplos —la mayoría a través de conferencias ante audiencias universitarias de tipo general— de físicos teóricos y matemáticos aplicados denigrando la capacidad de sus

[122] R. v. Mises, *op. cit.* (nota 118), pág. 32. Cf. nota 103 y el texto incluido allí. En general, los cambios en la postura mental de Von Mises se corresponden de forma bastante estrecha con aquellos que Georg Steinhausen, *Deutsche Geistes-und Kulturgeschichte von 1870 bis zur Gegenwart* (Halle a. d. Saale, 1931), pág. 4, encontró que eran típicos del período de Weimar. A saber, inicialmente, a pesar del colapso político y militar, una cierta euforia con relación a la completamente nueva época comenzada de este modo; éste estado de ánimo fue, sin embargo, desplazado muy pronto por desilusión y por una «Untergangsstimmung» * que, de nuevo, había desaparecido completamente a finales del período de Weimar cuando existía una fuerte tendencia «a retroceder hacia las viejas rutinas mentales».

* Estado de abatimiento. *(N. del T.)*

disciplinas para alcanzar conocimiento verdadero, o incluso valioso. El primero de estos ejemplos es, tal vez, el pasaje que, en la primavera de 1918, Hermann Weyl colocó como conclusión a la primera edición de *Espacio-Tiempo-Materia*[123]. Weyl mantenía que la física teórica es totalmente análoga a la lógica formal. Las proposiciones «verdaderas» deben ajustarse a la lógica, pero la lógica es incapaz de juzgar la «verdad» de las proposiciones que maneja; análogamente, también la realidad se ajusta a las leyes de la física, pero la física es incapaz de informarnos de la realidad que gobiernan sus leyes. ¿Es acaso esta realidad —estas «profundidades oscuras» que el matemático puede entender con sus métodos[124, 125]— «lo inmediatamente venidero, la propia vida» de Spengler? De hecho, así es, como veremos en el capítulo III.

Un ejemplo todavía más sorprendente de estas mismas «dudas aniquiladoras» nos lo proporciona Gustav Doetsch en su conferencia inaugural como *Privatdozent* de matemáticas aplicadas en la Universidad de Halle, el 27 de enero de 1922. Allí, al concluir, y rememorando su exposición del «Significado de las matemáticas aplicadas», Doetsch afirmaba violentamente:

> Tal *dogmatismo racionalista* es la expresión característica de *aquella* época intelectual que está pereciendo [im Untergehen] en la actualidad. Es el espíritu, se podría decir, de la *edad de la ciencia natural* que coincidió, esencialmente, con el siglo XIX, y que en nuestros días se hunde en su tumba con violentas convulsiones para así dejar espacio a un nuevo espíritu, a un nuevo sentimiento vital... esta época, en cuyos comienzos incuestionablemen-

---

[123] H. Weyl, *Raum-Zeit-Materie, Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie,* 1.ª edición (Berlín, 1918), págs. 226-227; de nuevo, de manera algo más completa, en la 3.ª edición (Berlín, 1919), págs. 262-263. En el otoño de 1920, al preparar la 4.ª edición (Berlín, 1921), Weyl quitó esta conclusión, reemplazándola por un ataque a la causalidad.

[124] *Ibid.,* 1.ª edición, pág. 9; 3.ª edición, pág. 9; 4.ª edición, pág. 9.

[125] Ligeramente posterior, y acaso debiendo algo a Weyl, es Paul Gruner, *Die Neuorientierung der Physik. Rektoratsrede, gehalten an... der Universität Bern den 26. November 1921* (Berna, 1922), 23 págs. Para concluir, el físico teórico Gruner concedía que aunque «puede sentar mal al investigador de la naturaleza», su campo no puede satisfacer «la aspiración a la verdad absoluta» que llena a la juventud universitaria contemporánea. «Pues le está prohibido el pensar y observar escueto, este mirar intuitivo» *. La ciencia natural no nos puede decir nada del significado del mundo y de nuestra vida; el desastre que estamos experimentando hoy día es debido a este avance intelectual sin fundamento ético-religioso. Estas son, por supuesto, precisamente las acusaciones que el físico teórico Von Laue, tomando a Rudolf Steiner como su objetivo ostensible, estaba tratando de rebatir algunos meses después. (Ver nota 15 y el texto incluido allí.)

* Las citas anteriores se encuentran en alemán en el original. *(N. del T.)*

te nos encontramos en la actualidad, está cansada de esta actitud racionalista. Ya dirijamos nuestra atención hacia el expresionismo en el arte, o a las tendencias filosóficas más recientes, que en muchos sentidos todavía no han emergido complementamente definidas, o a cualquier otra área de la vida del pensamiento, en todas partes encontramos una *aversión* cada vez mayor hacia *aquel* espíritu que creía que tenía que expresar, y que podía expresar, cualquier cosa imaginable con palabras secas, en una fórmula —una aversión que surge de un sentimiento inconsciente: *este* camino no nos ha llevado ni nos llevará nunca hacia la *esencia* de las cosas, debemos intentar «aproximarnos más» al objeto, transferirnos nosotros mismos a su interior. El que el nuevo camino nos lleve a la meta, o que únicamente nos aproxime un poco más, es algo que puede dejarse sin decidir—. Aquí mi intención ha sido solamente señalar, en el *dominio de la propia ciencia natural* que ha servido de modelo en tantos casos, que el tratamiento *matemático* del material que proporciona la experiencia no comienza a impartir información acerca de la esencia del mundo, esto es, no produce conocimiento verdadero [126].

Pero Doetsch todavía no había terminado. Después de esta andanada en contra de su disciplina citaba el *dictum* de Hegel de que las matemáticas son «kein Begreifen» *, y afianzaba su argumento señalando que si Hegel «no hubiese sido considerado como la persona adecuada para conseguir que las matemáticas aplicadas se valoren a sí mismas de manera correcta, entonces me remito a las palabras de nuestro más brillante matemático contemporáneo, Hermann Weyl, en su famoso trabajo *Raum-Zeit-Materie* (Espacio-Tiempo-Materia)...» Era, por supuesto, bastante atrevido por parte de Doetsch el revelar sus ideas *tan* libremente —aunque su audiencia universitaria debió haberse sentido de hecho muy feliz viendo sus opiniones confirmadas por un matemático—. Sin embargo, fue temerario que el *Privatdozent* Doetsch publicase tales sentimientos en la revista de la Sociedad Alemana de Matemáticos, donde fue leída por, y donde necesariamente tuvo que ofender a, colegas más antiguos e influyentes. De hecho, esto le pudo muy bien haber costado una cátedra [127].

---

* No aprehensibles. *(N. del T.)*

[126] G. Doetsch, «Der Sinn der angewandten Mathematik», *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 31* (1922), 222-233, en las 231-232. «Antrittsvorlesung gelegentlich der Umhabilitierung von der T. H. Hannover an die Universität Halle a/S. am 27, Januar 1922».

[127] *Ibid.*, pág. 233. Otto Blumenthal a Theodor von Karman, 8 de julio de 1923: «Encuentro el resultado de sus indagaciones referentes a matemáticos promocionables *[papabler]* triste en gran medida. No tengo sobre Doetsch la opinión de que pueda sernos útil. C. Müller nos entregó a su debido tiempo un dictamen muy razonable a la par que desfavorable. También recibí una impresión poco prometedora de una conferencia que pronunció en Halle sobre la esencia de la matemática aplicada (D. M. V.) y tuve que examinar en efecto

Y finalmente, para mostrar un ejemplo perteneciente a la última parte de nuestro período, consideremos la imagen de «La peculiar naturaleza de la mente del matemático» que Max Dehn, catedrático de matemáticas puras y aplicadas, mantuvo ante el claustro de su universidad en enero de 1928. Pintado en el más puro estilo spengleriano, el tono mental característico del matemático [alemán] contemporáneo es escepticismo, desconfianza de la razón, auto-inculpación, pesimismo y resignación:

Esta actitud algo escéptica de muchos matemáticos contemporáneos viene reforzada por lo que está ocurriendo en el vecino campo de la física. Parece aquí que los fenómenos físicos ya no admiten el ser construidos de manera consistente [widerspruchslos] en una variedad matemática espacio-temporal cuadridimensional. Hasta ahora habíamos sido capaces de proporcionar a la física un andamiaje construido suficientemente libre para sus cada vez más atrevidas edificaciones. Ahora, sin embargo, en ciertas reflexiones que surgen de importantes investigaciones en el dominio de la estructura íntima de la materia, la física está tal vez en proceso de apartarse de las matemáticas. [Dehn se encuentra, *inter alia,* dos años por detrás de su época. Ver secciones III. 4-6].

Todo esto ha empujado a muchos de nosotros a ser en cierto modo escépticos también en cuestiones más generales. La convicción fundamental de todo filósofo de que el mundo se puede comprender de manera consistente [widerspruchslos] mediante la razón humana, ya no es cierta para el matemático... Esta actitud no es, sin duda, completamente original; hace rememorar el pensamiento de los últimos eleáticos en la época de la crisis de fundamentos en la antigua Grecia.

De este escepticismo surge una cierta resignación, una especie de desconfianza en el poder de la mente humana en general.

... debido a las limitaciones del poder intelectual humano existe un límite para la abstracción, para el abandono de la intuición. Más allá de este límite no es posible ningún desarrollo. Pero la matemática contemporánea no está en absoluto muerta y, naturalmente, incluso en topología, por ejemplo, un hombre puede y probablemente además vendrá, que simplificará tanto el proceso... que tendrá lugar un nuevo desarrollo... Sin embargo, tales logros pocas veces surgieron en el curso de una rutina organizada. Pero

---

otra vez el artículo» ** (Karman Papers, California Institute of Technology, Archives, caja 13). Hacia 1924 Doetsch ya se había reconciliado con su disciplina, e incluso se había persuadido de que aunque las matemáticas y la ciencia natural —«disponiendo inmediatamente todo en esquemas *racionales*»— «nunca podrán desvelar el significado real del mundo y sus interconexiones..., no obstante, al menos la mente [Geist] se acerca cada vez más a lo que realmente querría comprender». («Sinn der reinen Mathematik und ihrer Anwendungen», *Kant-Studien, 29* (1924), 439-459, en las págs. 458-459; «Vorträge... Januar 1924»). Y más adelante, en aquel mismo año, Doetsch recibía su primera cátedra.

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

si el matemático ya está quejándose por esta misma razón —que como consecuencia del desarrollo moderno finalmente se ha organizado incluso el ejercicio de su ciencia— entonces en justicia se debe decir a sí mismo: *mea maxima culpa*. Ya que a través de las matemáticas se desarrolló por primera vez el poder constructivo de los seres humanos, y de esta manera comenzó la era de la tecnología. Y si, confrontado con este desastre que él mismo ha originado, le embarga la desesperación al matemático, entonces, por tercera vez, la resignación le salva [128].

Los ejemplos precedentes —especialmente en los casos de Von Mises y de Doetsch— demuestran muy claramente que existieron físicos matemáticos que llegaron tan lejos en la asimilación de los valores y talante de sus medios ambientes intelectuales que repudiaron efectivamente sus propias disciplinas. Estos casos demuestran, además, que este proceso de adaptación ideológica al medio ambiente intelectual fue, explícita o implícitamente, en gran medida una capitulación al spenglerismo. Estos casos son extremos, por supuesto, y como tales atípicos. No obstante las etapas a través de las que Von Mises llegó a este extremo, y la facilidad con la que incluso un Sommerfeld coqueteaba con las mismas tendencias anticientíficas que deploraba, hacen que sea difícil evitar concluir que la mayoría de los físicos y matemáticos alemanes participaban ampliamente en, o acomodaban su persona a, un punto de vista general spengleriano.

Esta conclusión se ve apoyada por la combinación de la amplia evidencia existente de que el libro de Spengler fue leído por muchos, si no la mayoría, de los físicos y matemáticos alemanes, y por la sorprendente escasez de críticas publicadas a cargo de representantes de estas disciplinas. Haciendo la recensión en 1919 de la *Untergang*, Troeltsch había hecho hincapié en lo deseable de tales críticas, pero señalaba que« para cerciorarme, cuando pedí a uno de nuestros matemáticos y físicos más eminentes [¿Planck?] que diese su opinión del libro, y describiese brevemente las principales tesis de Spengler,

---

128 M. Dehn, *Über die geistige Eigenart des Mathematikers. Rede anlässlich der Gründungsfeier des Deutschen Reiches am 18. Januar 1928*, Frankfurter Universitätsreden 28 (Frankfurt, 1928), 20 págs., en las 15 y 18. Esta alocución de uno de los más antiguos estudiantes de Hilbert (Ph. D. Gotinga, 1899) parece haber ejercido considerable atracción. Otto Neugebauer la utilizó, sin citarla, al concluir su exposición de las elaboradas instalaciones del nuevo instituto matemático de Gotinga (*op. cit.*, nota 8). Aunque las líneas finales de Neugebauer fueron en defensa de «organización», no dejó de conceder a Dehn que «seguro que bajo tal perspectiva, todavía se pueden decir muchas cosas» *. Se puede suponer, por consiguiente, que los comentarios de Hilbert en septiembre de 1930 (*op. cit.*, nota 94) fueron dirigidos tanto a sus colegas —y antiguos estudiantes— como a su audiencia lega.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

rechazó el leer parte alguna de él» [129]. Pero aquella reacción fue atípica o cambió muy rápidamente, ya que he visto referencias explícitas a Spengler que sugieren o demuestran que Max Born, Albert Einstein, Franz Exner, Philipp Frank, Gerhard Hessenberg, Pascual Jordan, Konrad Knopp, Richard von Mises, Friedrich Poske, Hermann Weyl y Wilhelm Wien conocían su libro [130]. Esta lista, que creo que podría ser ampliada substancialmente, tiene ya una extensión tan extraordinaria que hace que sea prácticamente seguro el que las tesis de Spengler, y no únicamente el entusiasmo público por ellas, fuesen generalmente conocidas por los físicos y matemáticos de Weimar. Y sin embargo hicieron o dijeron sorprendentemente poco para oponerse a ellas. Al pasar revista, en 1922, a la literatura relativa a la «controversia» sobre Spengler», Manfred Schroeter encontró que «las dos piedras angulares del libro, el capítulo primero y el sexto, matemáticas y física, han quedado prácticamente sin contestar». De hecho, Schroeter sólo pudo encontrar muy pocas críticas a cargo de matemáticos, y una sola debida a un físico —Wilhelm Wien [131]—.

Cada vez que un físico o un matemático salían a atacar a Spengler, era casi invariablemente en defensa del principio más básico de la ideología científica, la autonomía, objetividad y universalidad del conocimiento científico [132]. Spengler pretendía que había destruido esta noción demostrando que no existe ningún criterio inmanente, invariable, de lo que es conocimiento, y que la ciencia de un

---

129 E. Troeltsch, *Ges. Schr.* (*op. cit.*, nota 32), *4*, 682.

130 Born-Einstein, *Briefwechsel* (*op. cit.*, nota 14), pág. 44; F. Exner, *op. cit.* (nota 93), prefacio; P. Frank, *op. cit.* (nota 43), pág. 54; G. Hessenberg, *op. cit.* (nota 66); P. Jordan, *Anschauliche Quantentheorie* (Berlín, 1939), pág. 279; K. Knopp, *op. cit.* (nota 94), pág. 208, cf. nota 131; R. v. Mises, *op. cit.* (nota 117), pág. 32; F. Poske, «Anschauliche und abstrakte Begriffsdefinitionen im physikalischen Unterricht. Vortrag, Naturforscherversammlung, Nauheim, September 1920», *Zeitschr. f. den physikal. u. chemisch. Unterricht, 34* (1921), 97-103 («Oswald Spengler, en su libro *La decadencia de Occidente,* ha puesto de nuevo de relieve el siempre inevitable carácter intelectual de la física teórica» *, y Poske estuvo de acuerdo de mala gana, sin indicio alguno de crítica); H. Weyl, «Das Raumproblem», *Jahresber. d. Dtsch. Mathematiker-Vereinigung, 31* (1922), 205-221, reimpreso en Weyl, *Gesammelte Abhandlungen,* ed. K. Chandrasekharan, 4 vols. (Berlín, 1968), *2,* 332; W. Wien, *op. cit.* (nota 100), págs. 36-39.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

131 M. Schroeter, *Der Streit um Spengler, Kritik seiner Kritiker* (Munich, 1922), págs. 56-57, 70. Los únicos críticos científicos que conoce son W. Wien, O. Neurath [sociólogo], Leonard Nelson [filósofo], G. Hessenberg y K. Knopp, quien publicó una recensión «sehr absprechend» **.

** «Que prometía mucho». *(N. del T.)*

132 Así ocurre con las refutaciones citadas en la nota 93.

período depende en su conjunto de su *Lebensgefühl* *. Empero por todo oponente a la tesis de Spengler se puede citar otro científico exacto que, más o menos explícitamente y más o menos completamente, se identificaba con esta piedra de toque doctrinal del spenglerismo [133]. Y una vez más Von Mises proporciona evidencia de que

---

* Forma de entender la vida. *(N. del T.)*

[133] Así, por ejemplo, Gustav Mie, *Das Problem der Materie. Offentliche Antrittsrede* [como catedrático de Física de la Universidad de Freiburg i. Br.], *gehalten am 26. Januar 1925* (Freiburg in Baden, 1925), págs. 23-24: «Estoy convencido de que en la historia de los movimientos espirituales puede observarse siempre una relación coherente entre las diferentes áreas de la vida espiritual. El atomismo es hijo del siglo XVIII y del racionalismo... A causa de ello estamos a punto de dirigirnos hacia otra imagen del mundo. Creo que esta nueva imagen conlleva ciertos aspectos característicos, que se enmarcan en el cuadro de la vida espiritual moderna; me refiero a la búsqueda de una unidad mayor y de una coherencia general en el suceder físico, lo que contrasta frente a la desintegración en átomos aislados. Es una observación interesante el que la física, ligada fuertemente a los experimentos, se mueve sobre unas vías que corren paralelas a las de los movimientos espirituales en otras áreas» *.

De nuevo R. Courant, sept. 1927 (*op. cit.*, nota 112), pág. 90: «Sin duda que no es accidental el que la *Umschwung* ** en la orientación de las matemáticas, de una productividad ingenua a un comportamiento rigurosamente científico, es temporalmente paralelo a las grandes transformaciones intelectuales y sociales que ha experimentado el mundo europeo desde el comienzo de la Revolución francesa».

De nuevo, E. Madelung, 1931 (*op. cit.*, nota 108), págs. 4-6: «Puedo decir sin exageración que no tengo el menor interés en el mundo, sino únicamente en la imagen [Bild] que poseo de él. De esta imagen extraigo mis alegrías y sufrimientos, mi miedo y esperanza, mi sentimiento de bienestar y de tristeza... Por medio del lenguaje se crea como un convenio, una imagen comunal del mundo... Designamos hoy como *'die Wissenschaft'* nuestro caudal de conocimientos [Besitz an Wissen] que se codifica con la palabra escrita y se santifica por convenio».

Y una vez más, E. Schrödinger, *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft milieubedingt? Zwei Vorträge zur Kritik der naturwissenschaftlichen Erkenntnis* (Leipzig, Barth, 1932), págs. 38-39: «Nuestra cultura forma un todo. Incluso aquel que tuvo la suerte de dedicarse exclusivamente a la investigación —aparte de que los investigadores no son los únicos que la promueven— no sólo es botánico, físico o químico. Por la mañana habla en la cátedra sobre su especialidad. Por la tarde se sienta en una reunión política, oye y habla sobre otras cosas; otras veces se encuentra en un círculo ideológico, donde la conversación versa sobre diferentes temas. Se leen novelas y narraciones, se va al teatro, se cultiva la música, se hacen viajes, se ven cuadros, esculturas, arquitectura; y, sobre todo, se lee y se habla mucho sobre estas y otras cosas. En suma, todos somos miembros de nuestro medio cultural. Tan pronto como una cosa juega un papel en la orientación de nuestros intereses, el medio, el círculo cultural, el espíritu de la época o como se le quiera llamar, debe ejercer su influjo. Se encontrarán aspectos ideológicos comunes en todas las áreas de una cultura, y mucho más numerosos, aspectos estilísticos comunes, en la po-

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** El giro. *(N. del T.)*

el repudio de este principio de la ideología científica fue, en algunos casos y en alguna medida, una capitulación a la *Untergang, per se.* Así, en febrero de 1920, Von Mises todavía era un positivista lo suficientemente bueno como para negar la influencia de los condicionamientos políticos y sociales, o del correspondiente *Lebensgefühl* en la cantidad, vitalidad, dirección o contenido de las producciones científicas superiores. Sin embargo, en septiembre de 1921 también se había pasado en este aspecto a Spengler[134].

4. *Un ansia de crisis*

La investigación de las formas y extensión de la adaptación ideológica a su medio ambiente no se debe detener en esa frontera no señalada e indefinible en la que termina la motivación y la metafísica y comienza la propia actividad científica. Ya que a la ideología no sólo pertenecen las concepciones generales de la naturaleza y las metas de la actividad científica, o la moral y el espíritu del científico, sino también la visión que el científico tiene del estado de su disciplina, sus esperanzas, sus temores y las expectativas para su desarrollo futuro. Volvemos aquí, por consiguiente, a la noción y talante de la crisis, que fue una componente esencial de la personalidad de los universitarios de Weimar.

Pero antes de averiguar hasta qué punto la comunidad matemático-física alemana fue infectada por este talante, o hasta dónde afectó un ansia de crisis a la percepción que los investigadores de la naturaleza tenían del significado y alcance de problemas científicos específicos, merece la pena hacer énfasis en la rapidez con que los matemáticos y físicos se sirvieron de la retórica de la crisis cuando se dirigían a una audiencia universitaria de tipo general. Porque, al convertirse la noción de crisis en un *cliché,* también se convirtió en una *entrée,* una garantía para alcanzar «relevancia» instantánea, para establecer una relación entre el científico y sus oyentes. Al aplicar la palabra «crisis» a su propia disciplina, el científico no sólo establecía contacto con su audiencia, sino que también demostraba *ipso facto* que su campo —y él mismo— estaba «en ello», compartiendo el espíritu de la época. De esta manera se insinúa, y a me-

---

lítica, en el arte, en la ciencia. Si ocurre que aparece también en las ciencias naturales, se producirá una especie de indicio que demuestra la subjetividad y la dependencia del medio» *. Traducido muy libremente por James Murphy en Schrödinger. *Science, Theory, and Man* (Nueva York, 1957), págs. 98-100.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

[134] R. v. Mises, *op. cit.* (nota 117), págs. 3, 32.

nudo afirma explícitamente, la suposición de que en el transcurso de esta crisis, su ciencia se desprenderá de todas aquellas características que la audiencia universitaria encuentra más objetables[135, 136].

Pero ahora, y a menos que estemos dispuestos a acusarles de duplicidad, y a suponer que los físicos y matemáticos estaban comprometidos en una cínica manipulación de su imagen, creo que debemos conceder que su adaptación al medio ambiente intelectual fue

[135] Por ejemplo: Walter Schottky, «Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt. Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung», *Naturwiss.*, *9* (1921), 492-496, 506-511, párrafo inicial: «Representación de la crisis en que se encuentra la física actual»; M. H., «Una conferencia de Einstein: 'Nuevos resultados sobre las propiedades de la luz'» *. *Neue Züricher Zeitung* (20 de junio de 1922), núm. 808, pág. 2: «La razón de elegir precisamente este tema surgió de la circunstancia de que con respecto al problema de la naturaleza de la luz, la física se encuentra hoy en una severa crisis [sich heute... in einer schweren Krise befindet]»; Leo Graetz, *Alte Vorstellungen und neue Tatsachen der Physik. Drei Vorlesungen* (Leipzig, 1925), pág. 1; Wilhelm Wien, «Kausalität und Statistik», *Illustrierte Zeitung* (Leipzig), núm. 4.169 (febrero 1925), págs. 192-196: «El planteamiento de esas preguntas ha llevado a la física teórica en bloque a una crisis» **; Erhard Schmidt, *Über Gewissheit in der Mathematik. Rede zum Antritt des Rektorats der... Universität zu Berlin am 15. Oktober 1929* (Berlín, 1930), pág. 12: «de hecho el conocimiento matemático está en crisis» ***; Richard Gans, *Die Physik der letzten dreissig Jahre. Rede, gehalten bei der Reichsgründungsfeier am 18. Januar 1930,* Königsberger Universitätsreden 7 (Königsberg, 1930), página 1: «... se ha producido una crisis en la Física como no se había conocido hasta ahora en nuestra ciencia» ****; una vez más, Gans, «Der Zufall in der Physik», *Schriften der Königsberger Gelehrten Gesellschaft, Naturwissenschaftliche Klasse, 4* (1927), 113-125, inicia con: «Creo, sin embargo, que se me puede permitir el reclamar vuestro interés en tanto que quiero intentar demostraros qué cosas excitan hoy al físico, y cómo se esfuerza en hallar la tortuosa salida a la crisis más seria en que jamás se ha encontrado nuestra ciencia»; Hans Hahn, ed., *Krise und Neuaufbau in den exakten Wissenschaften: Fünf Wiener Vorträge* (Leipzig-Viena, 1933), Prefacio: «El creciente interés por las ciencias exactas de círculos cada vez más amplios es sin duda sobre todo una búsqueda de una de las regiones que se hallan alejadas del mundo de las crisis... En realidad, las ciencias exactas no están en modo alguno a salvo de crisis y precisamente en décadas recientes, desde la física teórica hasta la lógica, se han visto sacudidas por crisis profundas».

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

*** En alemán en el original. *(N. del T.)*

**** En alemán en el original. (*N. del T.*)

[136] Se pueden encontrar precedentes anteriores a la guerra de este «hablar de crisis» en ensayos populares y conferencias académicas. Así, por ejemplo, la conferencia inaugural de Paul Ehrenfest como catedrático de Física Teórica en Leiden, *Zur Krise der Lichtaether-Hypothese* (Leiden-Berlín, 1913), reimpresa en Ehrenfest, *Collected Scientific Papers,* ed. M. J. Klein (Amsterdam, 1959), págs. 306-327. Exactamente cuánto se había difundido esto y cuál era su importancia es algo que no soy capaz de decir, pero mi impresión es que entonces era más común en Francia (Poincaré, Abel Rey) que en Alemania.

más allá de lo meramente retórico. De hecho, la propia retórica reacciona a su vez sobre la personalidad del científico, sobre su idea de la situación conceptual en su ciencia, de la extensión y carácter de la reconstrucción necesaria o deseable. De hecho, durante este período tanto las matemáticas como la física —pero sobre todo los matemáticos y físicos *alemanes*— atravesaron crisis profundas y amplias, cuyas mismas definiciones demostraban la más íntima relación con las principales corrientes del medio ambiente intelectual de Weimar.

«La nueva crisis en los fundamentos de las matemáticas» proclamada por Hermann Weyl se precipitó prácticamente de la nada en los dos o tres años que siguieron a la derrota de Alemania. Con extraordinaria precipitación, la comunidad matemática alemana comenzó a sentir lo inseguros que eran los fundamentos sobre los que reposaba toda la estructura del análisis matemático, cuán dudosos los métodos con que había sido erigido aquel edificio. Ahora, con entusiasmo cuasi-religioso, un número considerable de matemáticos alemanes se agruparon en torno a los criterios de L. E. J. Brouwer pidiendo una reconstrucción completa de las matemáticas, una redefinición de la empresa que, muy apropiadamente, se desarrolló bajo el nombre de «intuicionismo»[137, 138]. Se puede juzgar la seriedad de este movimiento y sus consecuencias por la vehemencia del contraataque de David Hilbert en la primavera de 1922. «Si Weyl observa una 'insostenibilidad interna de los fundamentos sobre los que reposa la construcción del imperio [Reich]' y se preocupa por 'la amenazante disolución de la constitución política [Staatswesen] del análisis', entonces es que está viendo fantasmas». Weyl y Brouwer están tratando de «erigir una dictadura represiva [Verbotsdiktatur]»; seguir a «tales reformistas» es arriesgarse a perder los tesoros más valiosos de las matemáticas. «No, Brouwer no es, como Weyl cree, la revolución, sino únicamente la repetición, con medios antiguos, de un intento de golpe... y que ahora, con el gobierno

---

[137] H. Weyl, *Das Kontinuum* (Berlín, 1918; reimpreso Nueva York, 1962); «Der circulus vitiosus in der heutigen Begründung der Analysis», *Jahresber. d. Dtsch. Mathematiker-Vereinigung, 28* (1919), 85-92, reimpreso en K. Chandrasekharan, ed., *Gesammelte Abhandlungen von Hermann Weyl* (Berlín, 1968), *2,* 43-50; «Über die neue Grundlagenkrise der Mathematik», *Math. Zeitschr., 10* (1921), 39-79, reimpreso en *Ges. Abhl., 2,* 143-180.

[138] Para descripción, bibliografía y documentos acerca del intuicionismo: Abraham A. Fraenkel y Y. Bar-Hillel, *Foundations of Set Theory* (Amsterdam, 1958), especialmente págs. 203-204; Jean van Heijenoort, *From Frege to Gödel. A Source Book in Mathematical Logic, 1879-1931* (Cambridge, Mass., 1967); Constance Reid, *Hilbert* (Nueva York, 1969).

[Staatsmacht] tan bien armado y protegido por Frege, Dedekind y Cantor, está condenado al fracaso desde el principio»[139].

¿Puede alguien leer esta retórica y no suponer que tanto Weyl como Hilbert encontraban como mínimo grandes paralelismos entre la crisis en las matemáticas y las crisis políticas que estaban asolando entonces a Alemania, que su sentido del significado de los temas matemáticos estaba coloreado por sus percepciones de los temas políticos, que acaso esta crisis en las matemáticas dependía para su existencia de la atmósfera socio-intelectual que siguió a la derrota de Alemania? Volviendo la vista hacia atrás treinta años más tarde, Weyl casi concedió todo esto, y de hecho la propia crisis, nunca solucionada, eventualmente dejó simplemente de sentirse[140].

Pasando a la física uno encuentra una vez más una notable crisis interna. Es esta la «crisis de la vieja teoría cuántica» que agobiaba a los físicos atómicos —en primer lugar y de manera más señalada a los alemanes— durante los años anteriores a la introducción de la mecánica cuántica en 1925-26[141]. Yo mismo he dedicado algún esfuerzo al intrigante problema de aislar las dificultades y frustraciones específicas que condujeron en un momento determinado a la convicción de que «todo el sistema de conceptos de la física debe ser reconstruido desde la base», como afirmaba Max Born en el

---

139 D. Hilbert, «Neubegründung der Mathematik. Erste Mitteilung», *Abhandlungen aus dem Math. Seminar der Hamburgischen Universität, 1* (1922), 157-177, reimpreso en Hilbert, *Gesammelte Abhandlungen, 3* (Berlín, 1935; reimpreso Nueva York, 1965), 157-177, en las págs. 159-160. Hilbert había lanzado esta diatriba en contra de su discípulo más brillante como una conferencia en un cierto número de universidades antes de publicarla. Y es importante señalar que los seguidores del movimiento intuicionista no solamente admitieron su impacto destructivo, sino que también parece que casi dieron la bienvenida a esa consecuencia con espíritu de abnegación y resignación: «El que partiendo de este punto de vista, solamente una parte, acaso únicamente una miserable [kümmerlich] parte, de la matemática clásica sea defendible es un hecho amargo pero inevitable». (Weyl, «Diskussionsbemerkung zu dem zweiten Hilbertschen Vortrag über die Grundlagen der Mathematik», *ibid., 6* [1928], 86-88, reimpreso en Weyl, *Ges. Abhl., 3,* 147-149, y traducido en Heijenoort, *Source Book,* págs. 482-484).

140 H. Weyl, «Nachtrag, Juni 1955» a «Über die neue Grundlagenkrise...», *Ges. Abhl., 2,* 179: «Únicamente con algo de disgusto reconozco [bekenne ich mich zu] estas conferencias, cuyo estilo ocasionalmente bastante ampuloso refleja el talante de un período agitado —el período inmediatamente después de la Primera Guerra Mundial—». Se puede escuchar en la retórica de Hilbert incluso una advertencia bastante literal a Weyl y a sus otros amigos en contra de las actitudes políticas del líder al que habían escogido seguir. Ver Schröder, *op. cit.* (nota 52), págs. 219-220; Reid, *Hilbert,* pág. 188.

141 Thomas S. Kuhn, «The Crisis of the Old Quantum Theory, 1922-1925», conferencia pronunciada en la American Philosophical Society, abril de 1966. Friedrich Hund, *Geschichte der Quantentheorie* (Mannheim, 1967), pág. 103.

verano de 1923 [142]. Y aunque es indudablemente cierto que los desarrollos internos de la física atómica fueron importantes para precipitar este sentimiento extendido de crisis entre los físicos germanoparlantes de la Europa central, y que estos desarrollos internos fueron necesarios para proporcionar a la crisis un foco bien marcado, no obstante me parece ahora evidente que dichos desarrollos internos no fueron en sí mismos condiciones suficientes. La *posibilidad* de la crisis de la vieja teoría cuántica dependía, creo, de la propia ansia de crisis de los físicos, que surgía de su participación en, y adaptación a, el medio ambiente intelectual de Weimar.

Tenemos numerosos ejemplos de esta predisposición para percibir el estado de la física como crítico, localizados entre el verano de 1921 y el de 1922, esto es, el año inmediatamente precedente a aquel en el que se precipitó la crisis de la vieja teoría cuántica. Considerando únicamente aquellos casos en los que se proclamaba la crisis en el propio título, tenemos la conferencia de Richard von Mises «Sobre la crisis actual en la mecánica» de septiembre de 1921, el panfleto de Johannes Stark sobre *La crisis actual en la física alemana,* de junio de 1922, las observaciones de Joseph Petzoldt «Acerca de la crisis del concepto de causalidad», de julio de 1922, y el artículo popular de Albert Einstein «Sobre la crisis actual en la física teórica» fechado en agosto de 1922 [143]. Podemos decir sin precisar demasiado que cada uno de estos físicos apuntaba en la misma dirección, a saber, hacia la teoría cuántica. Ahí, por supuesto, se termina el acuerdo; cada uno está poniendo su dedo en un «problema» ampliamente, o completamente, diferente. Pero aquella misma circunstancia —la extendida pero inicialmente poco precisa aplicación de la palabra y noción de una crisis— sugiere muy fuertemente que la crisis de la vieja teoría cuántica, lejos de ser forzada sobre los físicos alemanes, era más que bienvenida por ellos.

---

[142] M. Born, «Quantentheorie und Störungsrechnung», *Naturwis., 11* (1923), 537-542, citado en mi ensayo sobre «The Doublet Riddle and Atomic Physics *circa* 1924», Isis, *59* (1968), 156-174.

[143] R. v. Mises, «Über die gegenwärtige Krise der Mechanik», *Zeitschr. f. angewandte Math. u. Mech., 1* (1921), 425-431, reimpreso en *Naturwiss., 10* (1922), 25-29, y reimpreso una vez más en v. Mises, *Selected Papers* (Providence, R. I., 1964), *2,* 478-487, conferencia, Math.-Phys. Congress, Jena, septiembre 1921; J. Stark, *Die gegenwärtige Krisis in der Deutschen Physik* (Leipzig, 1922), 32 págs., prefacio fechado «Anfang Juni 1922»; J. Petzoldt, «Zur Krisis des Kausalitätsbegriffs», *Naturwiss.,* 10 (1922), 693-695, fechado el 2 de julio de 1922, al que Walter Schottky respondió el 6 de octubre de 1922 bajo el mismo título, *ibid., pág.* 982; A. Einstein, «Über die gegenwärtige Krise der theoretischen Physik», *Kaizo* (Tokio), *4* (diciembre 1922), 1-8, fechado en agosto de 1922.

Y aquí, una vez más, lo mismo que con el «intuicionismo» en matemáticas, uno no puede sino sentirse sorprendido por la extraordinaria conveniencia del principal *slogan* de esta crisis: el fracaso de la mecánica. Por muy apropiado que pudiese haber sido este *slogan* como un diagnóstico de las dificultades internas existentes en la física atómica, ciertamente que fue *muy* apropiado como palabra clave que indicaba el intento de los físicos de librar a su disciplina de sus elementos más detestables. Recíprocamente, la casi universal convicción entre los físicos atómicos alemanes de que esta crisis iba a durar un largo, largo tiempo —aunque en la práctica fue «resuelta» en dos o tres años mediante el descubrimiento de la mecánica cuántica—, puede entenderse en parte como una renuncia a tener intención de abandonar su tan de moda y encomiable compromiso, pero también en parte como una expresión de un pesimismo spengleriano: «en mi corazón estoy una vez más convencido de que esta mecánica cuántica» —que yo, Werner Heisenberg, acabo de descubrir— «es la respuesta, razón por la cual Kramers me acusa de optimismo»[144].

---

[144] «... mich des Optimismus anklagt...» *. W. Heisenberg a Wolfang Pauli, 29 de junio de 1925, citado por B. L. van der Waerden, *Sources of Quantum Mechanics* (Amsterdam, 1967; reimpreso Nueva York, 1969), pág. 27. El artículo de Heisenberg proponiendo esta mecánica cuántica, que sin duda era «schon richtig» **, apareció como «Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen», *Zeitschr. f. Phys., 33* (18 de septiembre de 1925), 879-893, recibido el 29 de julio de 1925; está traducido *** en v. d. Waerden, *op. cit.*, págs. 261-276, y reimpreso en M. Born, W. Heisenberg, P. Jordan, *Zur Begründung der Matrizenmechanik,* Dokumente der Naturwissenschaft, Abteilung Physik, Band 2, ed. Armin Hermann (Stuttgart, 1962), págs. 31-45.

* «... me acusa de optimista»; ver texto. *(N. del T.)*

** «totalmente correcta». *(N. del T.)*

*** Al inglés. *(N. del T.)*

Capítulo III

«PRESCINDIENDO DE LA CAUSALIDAD» [145, 146]. ADAPTACION DEL CONOCIMIENTO AL AMBIENTE INTELECTUAL

1. *Introducción: El concepto de causalidad*

Elaborando, en agosto de 1922, su artículo «Sobre la crisis actual en la física teórica» para una audiencia popular, Einstein comenzaba con una definición del propósito y estructura de la teo-

[145] Este es el título del capítulo inicial de Albrecht Mendelssohn-Bartholdy, *The War and German Society* (New Haven, 1937). El eminente legalista emigrado afirmaba allí que «La guerra anuló la causalidad. Pareció que hizo esto, al menos, al pueblo alemán..., el pueblo como un todo, prescindiendo de su interés en política, el nivel de su educación, o su profesión y su experiencia en la vida, se dio cuenta del cambio de forma bastante clara, mucho antes de que pudiera ser medido por historiadores o sociólogos» (pág. 20).

[146] Estudios anteriores que tratan del movimiento pre-1926 para prescindir de la causalidad: Victor F. Lenzen, «The Philosophy of Nature in the Light of Contemporary Physics», *University of California Publications in Philosophy, 5* (1924), 27-48; Alois Gatterer, S. J. *Das Problem des statistischen Naturgesetzes,* Philosophie und Grenzwissenschaften, herausgegeben vom Innsbrucker Institut für scholastische Philosophie, 1. Band, 1. Heft (Innsbruck, 1924), 70 páginas; Stefan Kis, *Das Kausalitätsprinzip in der Physik,* disertación doctoral, U. Greifswald (Greifswald, 1925), 35 págs.; Hugo Bergmann, *Der Kampf um das Kausalgesetz» in der jüngsten Physik,* Sammlung Vieweg, Heft 98 (Braunschweig, 1929), 78 págs.; Philipp Frank, *Das Kausalgesetz und seine Grenzen,* Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung, Band 6 (Viena, 1932); Ernst Cassirer, *Determinism and Indeterminism in Modern Physics. Historical and Systematic Studies of the Problem of Causality,* trad. O. T. Benfey (New Haven, 1956); Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics* (Nueva York, 1966).

ría física: «La meta de la física teórica es», mantenía Einstein, «crear un sistema conceptual lógico [!], que repose sobre el número más pequeño posible de hipótesis mutuamente independientes, que le permita a uno abarcar de forma causal [!] todo el complejo de procesos físicos» [147]. En conjunto, el concepto de física teórica expresado por esta definición no es ni poco familiar ni sorprendente; probablemente era compartido por la mayoría de los físicos de la época [148]. Sin embargo, dos de las restricciones que Einstein imponía sobre una teoría física parecen bien superfluas (por supuesto un sistema conceptual *lógico*, ¿qué si no?) o gratuitas (¿por qué uno debe abarcar *causalmente* los procesos físicos?). Son precisamente estas aparentemente superfluas y gratuitas adiciones a lo que por otra parte es el credo común de sus colegas las que marcan los temas que Einstein evidentemente consideraba como cruciales para la física teórica como una empresa. Dejaré en buena medida a un lado [149] al primero de estos temas —una estructura lógica, en tanto que opuesta a, digamos, una estructura intuitiva, de la teoría física—. Será el segundo tema, la «violenta discusión sobre el significado de la ley de causalidad» —esto es, la manera como Max Planck veía la situación en febrero de 1923 [150]— el que describiré y analizaré.

Pero, ¿qué es lo que se entiende por «causalidad»?, o mejor, ¿cuál era la noción que en aquella época asociaban a este término los físicos, así como los filósofos que permanecieron más próximos a aquéllos? Esa noción era, en una palabra, legalidad. «El principio de causalidad», explicaba Moritz Schlick en 1920, «es... la expresión general del hecho de que todo lo que sucede en la naturaleza

---

147 A. Einstein, *op. cit.* (nota 143), pág. 1.

148 La idea es esencialmente la presentada de manera más completa y enérgica por Pierre Duhem, *La Théorie physique: son object, sa structure*, 2.ª edición (París, 1914), traducida por P. P. Wiener como *The Aim and Structure of Physical Theory* (Princeton, 1954), págs. 19, 52, 107, *et passim*.

149 Existen dos aspectos de este tema: 1) una oposición racionalista-irracionalista que se refleja en las actitudes hacia la causalidad, y que trataré por consiguiente en el desarrollo de lo que sigue; 2) una oposición, cortando al través este primer alineamiento, entre lo intuitivo y lo abstracto, *Anschaulichkeit* y *Unanschaulichkeit*, como deseable o necesaria en una teoría física. El requerimiento de *Anschaulichkeit* estuvo, una vez más, muy estrechamente ligado con las predilecciones y antipatías características del entorno intelectual de Weimar. Esta oposición jugó un papel importante en la física y la matemática en Alemania durante el período nazi. No intento, sin embargo, tratar aquí este difícil problema.

150 M. Planck, *op. cit.* (nota 18), pág. 140: «Desde hace tiempo no se había disputado tan violentamente sobre el significado de las leyes causales de la Naturaleza como en nuestros días... Casi parece que la humanidad pensante está dividida en dos bloques en lo que se refiere a esta pregunta *.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

está sujeto a leyes que se cumplen sin excepción» [151]. (cf. Spengler, «La causalidad es coextensiva con el concepto de ley. Sólo existen leyes causales» [152]). Y todavía diez años más tarde Heisenberg, en su *Principios físicos de la teoría cuántica,* podía introducir esta cuestión declarando que «la resolución de las paradojas de la física atómica sólo se puede conseguir mediante renuncias adicionales a viejas y queridas ideas. La más importante de las cuales es la idea de que los fenómenos naturales obedecen leyes exactas —el principio de causalidad—» [153]. Naturalmente, Heisenberg mejoraba inmediatamente esta formulación introduciendo distinciones que se hicieron y emplearon únicamente después del desarrollo de la mecánica cuántica. En el período 1919-1925, sin embargo, tanto físicos como filósofos mantenían esta noción esencialmente kantiana de la causalidad como conformidad a la ley, de manera que, como lo expresaba en 1920 Hans Reichenbach, «si existe cognición de la naturaleza, entonces el principio de causalidad es válido, pero sin este principio, la cognición es, por su misma definición, imposible» [154].

Pero si tal era la noción que de la causalidad tenía el físico, ¿cómo es que podía de hecho plantearse tan siquiera el prescindir

---

[151] M. Schlick, «Naturphilosophische Betrachtungen über das Kausalprinzip», *Naturwiss., 8* (11 de junio de 1920), 461-474; párrafo inicial. Esta era todavía la opinión general cinco años más tarde cuando Kis (*op.* cit., nota 146), pág. 3, mantenía que «El principio de causalidad es el más general entre los principios de las ciencias naturales. Afirma que los procesos naturales ocurren según leyes rigurosas; es, según palabras de Mach, nuestra confianza en la regularidad de la Naturaleza» *.

[152] Nota 77. Cf. Walter Rauschenberger, comentando Ernst Berg, *Das Problem der Kausalität* (Berlín, 1920) en *Kant-Studien, 26,* (1921), 174: «Verfasser es también un determinista riguroso. Su lucha contra la ley de la causalidad no se comprende de forma clara. Causalidad y legitimidad [*Gesetzmässigkeit*] fueron considerados hasta ahora como equivalentes» **. Esto es, determinismo = causalidad = legalidad.

[153] W. Heisenberg, *The Physical Principles of the Quantum Theory* (Chicago, 1930), pág. 62.

[154] H. Reichenbach, «Philosophische Kritik der Wahrscheinlichkeitsrechnung», *Naturwiss., 8* (20 de febrero de 1920), 146-153: «El que exista una forma funcional, garantiza la causalidad... Por otra parte es *imaginable* [*denkbar*] que los procesos naturales ocurran sin dependencia funcional alguna; pero si existe un conocimiento de la Naturaleza, entonces el principio de causalidad es válido, pues sin éste el conocimiento del sentido de aquélla sería imposible... Podríamos llegar a un conocimiento físico completo si la ley de la energía no fuese válida. Las ecuaciones tendrían otra forma; pero sin la validez de la ley causal el conocimiento sería imposible, porque no podríamos establecer estrictamente ninguna funcional cuantitativa» ***.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

*** En alemán en el original. *(N. del T.)*

de este principio? Este punto fue señalado en 1924 por Alois Gatterer, filósofo y jesuita, como «una especie de *argumentum ad hominem* que debe hacer meditar especialmente a aquellos físicos que, como [Franz] Exner, gozan intentando degradar todas las leyes físicas y químicas a leyes estadísticas, y no obstante al mismo tiempo prosiguen, llenos de confianza y orgullo, magníficas investigaciones sobre la constitución del átomo químico. Me pregunto: ¿cómo puede uno abordar esta investigación con esperanza de éxito, y dedicarse activamente a ella, si secretamente alimenta la convicción de que los procesos elementales tienen lugar, al menos en parte, al azar, sin obedecer ley alguna...?» [155]. La pregunta de Gatterer es buena, y su atractivo —dada la propia noción de causalidad de los físicos— tuvo que haber sido fuerte; y sin embargo, evidentemente, fue, simplemente, no concluyente. Por tanto, si encontramos físicos repudiando la causalidad —gozando al hacerlo— sin intentar tan siquiera analizar críticamente y revisar la propia noción, entonces pienso que debemos interpretar tales repudios como dirigidos contra el tipo de empresa cognoscitiva en la que los físicos se habían considerado involucrados hasta entonces.

Existen precedentes de tales reacciones en contra de la empresa cognoscitiva de la física, y, como Stephen Brush nos ha hecho reconocer, tales sentimientos proporcionan mucha de la energía motriz existente detrás del movimiento positivista de finales de siglo [156]. Mientras que Mach se contentaba con cuestionar la validez universal de las leyes de la mecánica, el extremo radical del positivismo-monismo clásico avanzaba hasta la negación de *cualesquiera* leyes exactas para los procesos atómicos, con la intención de dejar sitio a «un elemento de indeterminación, espontaneidad, o puro azar en la naturaleza», como alegaba C. S. Peirce en *The Monist* en 1892 [157]. Considerando la acausalidad en el sentido de Peirce —y este fue, básicamente, el sentido en que se interpretaba a comienzos de la década de 1920— no conozco a ningún otro físico notable que defen-

---

155 A. Gatterer, *Das Problem des statistischen Naturgesetzes* (*op. cit.*, nota 146), pág. 45-46.

156 S. G. Brush, «Thermodynamics and History», *The Graduate Journal*, 7 (1967), 477-565.

157 Citado por Brush, *ibid.*, pág. 531. En esto, los discípulos modernos de Comte no estaban sino aceptando con gusto lo que Comte creía, pero temía, a saber, que «las leyes naturales... no podrían permanecer rigurosamente compatibles... con una investigación demasiado detallada». Citado por Emile Meyerson, *Identity and Reality*, traducido por Kate Loewenberg (1930; reimpreso Nueva York, 1962), pág. 20. Debería señalarse, sin embargo, que el editor de *The Monist*, Paul Carus, estaba escandalizado: «Mr. Charles Peirce's Onslaught on the Doctrine of Necessity», *Monist*, 2 (1892), 560-582.

diese públicamente esta doctrina en el cuarto de siglo siguiente, esto es, antes del final de la Primera Guerra Mundial [158].

[158] La persistencia de una corriente subterránea anticausal viene, sin embargo, sugerida por algunas refutaciones públicas de la noción en el período intermedio. El 3 de agosto de 1914, hablando en una convocatoria del día del fundador al final de su período como rector de la Universidad de Berlín, Max Planck reconocía que «este dualismo» entre leyes causales y estadísticas que ha surgido como un resultado de la introducción en la física del punto de vista estadístico «es considerado por muchos como insatisfactorio». En consecuencia se han realizado intentos para negar el que existan en modo alguno leyes dinámicas (= causales) y para considerar toda regularidad como estadística: «el concepto de una necesidad absoluta sería eliminado de la física completamente. Este punto de vista, sin embargo, se ha demostrado muy rápidamente ser un error tan desastroso como corto de miras». (Planck, «Dynamische und statistische Gesetzmässigkeit», *Physikalische Abhandlungen und Vorträge* [Braunschweig, 1958], *3*, 77-90, en la 86). En una contribución, publicada póstumamente, al número de *Die Naturwissenschaften* dedicado a Planck en su 60 cumpleaños (23 de abril de 1918), Marian von Smoluchowski señalaba «la tendencia que impera en la actualidad de reducir la totalidad de las leyes físicas... a la estadística de sucesos elementales ocultos», y consideraba como «perfectamente posible» que con el tiempo la teoría de los electrones de Lorentz, la relatividad y la ley de conservación de la energía fueran sometidas también a este programa. No obstante, la intención de Smoluchowski era demostrar que «azar —en el sentido con el que esta palabra se emplea habitualmente en física— puede perfectamente surgir de causas sometidas a ley [gesetzmässig] y definidas exactamente», y hacía hincapié en que, por tanto, el cálculo de probabilidades no se debe considerar como un nuevo principio de investigación, sino «meramente como una esquematización estadística simplificadora de ciertas interconexiones funcionales que aparecen muy frecuentemente» (Smoluchowski, «Über den Begriff des Zufalls und den Ursprung der Wahrscheinlichkeitsgesetze in der Physik», *Naturwiss.*, *6* [1818], 253-263.)

Aunque ni Planck ni Smoluchowski identifican a los físicos que pretendían estar refutando, muy bien puede ser que ambos estuviesen pensando especialmente en Franz Exner, cuyas opiniones Smoluchowski seguramente conocía de sus años en Viena, y que Planck podía haber conocido a través del Rektoratsrede de Exner en la Universidad de Viena: *Über Gesetze in Naturwissenschaft und Humanistik. Inaugurationsrede, gehaltem am 15.X.1908* (Viena, 1909), 45 págs. Esta publicación, de la que tuve conocimiento únicamente después de haber completado el primer borrador del presente ensayo, mantiene de hecho el que: «Todo lo que ocurre en la naturaleza es el resultado de acontecimientos al azar» * (pág. 42), y que «si fuéramos capaces de frenar el movimiento molecular tanto que pudiésemos seguir los procesos moleculares individuales, entonces no percibiríamos sino un caos de sucesos aleatorios, en donde buscaríamos en vano cualquier regularidad» (pág. 13). Exner pasaba entonces a esbozar una «imagen del mundo unificada y comprensiva» en la que toda ley no es sino la expresión de la ley de los grandes números, y el deseo de leyes en las *Geisteswissenschaften* no se debe ni a la peculiar naturaleza de la materia que trata, ni a la «Das Lebendige» **, ni al libre albedrío, sino que resulta simplemente del relativamente pequeño nú-

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** Lo que vive. *(N. del T.)*

Hay que darse cuenta, naturalmente, que precisamente durante este período el propio Mach, el movimiento positivista en general, e incluso neokantianos como Cassirer estaban sosteniendo una campaña en contra de un concepto de causalidad bastante diferente, de forma que hacia 1918 Friedrich Poske pudo hacer notar perfectamente que «recientemente se ha puesto de moda entre aquellos comprometidos con la teoría del método científico el arrojar al montón de los desechos el concepto causal» [159]. Aquí no estaba en debate, sin embargo, la noción de conformidad a la ley, sino más bien la doctrina «metafísica», «animista», «fetichista» de causa y efecto (*Ursache und Wirkung*) como una suposición ontológica, que Mach y sus aliados querían reemplazar por la concepción matemática de función [160]. «Este coordinar interconexiones funcionales es lo que realmente constituye la física teórica», explicaba Wilhelm Wien a una audiencia profana en 1914; «la causalidad —esto es, *der Satz von Ursache und Wirkung*— no tiene nada que ver con el tema» [161]. Y hacia 1918 este punto de vista se había convertido en algo que casi se daba por supuesto entre los físicos y los filósofos estrechamente asociados a ellos —resistido únicamente por unos pocos archi-

---

mero de sucesos de igual probabilidad subyacentes en los fenómenos que se estudian.

Es digno de ser mencionado, por otra parte, que P. Frank, *Kausalgesetz* (*op. cit.,* nota 146), págs. 56-58, trataba «La interpretación energética de la Naturaleza» *, como una de las «corrientes enemigas de la causalidad» **, y afirmaba que «en el momento en que las ideas de la otswaldiana *Naturphilosophie* aparecen como dominantes entre aquellos activos en la ciencia natural e incluso entre la mayoría de los profanos interesados en la ciencia natural, se podría considerar la noción de causalidad mecánica en el sentido de Laplace como eliminada, y que la introducción de factores similares al alma parece necesaria». Esto, como tantas cosas del libro de Krank, es en gran parte una tontería; no obstante es sugerente.

[159] F. Poske, *Zeitschr. f. den physikal. u. chem. Unterricht, 31* (marzo 1918), 39.

[160] E. Mach, *The Analysis of the Sensations,* traducida de la 5.ª edición, 1906, por S. Waterlow (reimpresa Nueva York, 1959), pág. 81; Joseph Petzoldt, «Naturwissenschaft», *Handwörterbuch der Naturwissenschaften* (Jena, 1912), *7,* 50-94, en las págs. 79-80; Paul Volkmann, *Einführung in das Studium der theoretischen Physik... mit einer Einleitung in der Theorie der Physikalischen Erkenntnis,* 2.ª edición ampliada (Leipzig-Berlín, 1913), págs. 385-398; Ernst Cassirer, *Substance and Function,* traducida de la edición alemana, 1910, por W. C. y M. C. Swabey (Chicago, 1923; reimpresa Nueva York, 1953), capítulo 5; Hans Kelsen, *Society and Nature* [título alemán: *Kausalität und Vergeltung*]: *A Sociological Inquiry* (Chicago, 1943), pág. 381.

[161] W. Wien, «Ziele und Methoden der theoretischen Physik [1914]» (*op. cit.,* nota 90), pág. 156.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

reaccionarios como Ernst Gehrcke[162]— de manera que «causalidad» era tomada, despojada de toda denotación ontológica, como equivalente a determinación funcional. A menudo, aunque no siempre, la causalidad era caracterizada además como la concepción «laplaciana» de las condiciones necesarias y suficientes para tal determinación completa, a saber, un corte seccional del «mundo» en un instante dado de tiempo[163]; una concepción tal se seguía no meramente de la dinámica clásica sino igualmente de la misma noción de una teoría de campo.

Comenzando con la causalidad como el postulado de la obediencia a leyes de los procesos naturales, hemos concluido con la causalidad como el determinismo riguroso. Se puede objetar que hay lugar para varias posiciones distintas entre estas dos concepciones. La posibilidad de satisfacer un postulado (más débil) de obediencia a leyes sin exigir que cada detalle de cualquier proceso natural esté determinado sin ambigüedad no escapó completamente a los físicos en los años anteriores al descubrimiento de una mecánica cuántica con este carácter general. No obstante, el punto esencial es que, durante el período considerado en este trabajo, toda sugerencia de una relajación del determinismo completo fue enunciada y tomada como un fallo o abandono de la *causalidad*. De hecho, según avancemos encontraremos ocasionalmente que la palabra «causalidad» es utilizada en varios sentidos más restringidos, no más amplios, que el de «determinismo» —como equivalente a las leyes de la mecánica clásica, a la conservación de la energía y el momento, a la visualización en el espacio y el tiempo, a la ausencia de acción a distancia, a la acción por contacto, o a la descripción mediante ecuaciones diferenciales—. Y de nuevo, en muchos casos estas definiciones especiales de causalidad fueron enunciadas en conjunción con, y como la justificación de, una afirmación de la invalidez de la ley

---

162 E. Gehrcke, *Physik und Erkenntnistheorie*, Wissenschaft und Hypothese 12 (Leipzig-Berlín, 1921), págs. 43-51.

163 Por ejemplo, Rudolf Carnap, «Dreidimensionalität des Raumes und Kausalität», *Annalen der Philosophie*, 4 (1924), 105-130, quien disponiendo las bases preliminares para demostrar su tesis principal según la cual «la tridimensionalidad del espacio (equivalente a la cuadrimensionalidad del suceder universal [Weltgeschehens]) es la consecuencia lógica de la regularidad del suceder», señala: «La validez de la causalidad en el sentido de la física afirma: en el universo físico dominan leyes determinadoras, y todos los procesos están sin duda determinados unívocamente si la totalidad de los procesos de un intervalo temporal arbitrariamente pequeño está establecida. Los conceptos «efectuar», «causa», y similares, no tienen nada que ver con el concepto físico de causalidad» *.

* Citas en alemán en el original. *(N. del T.)*

de causalidad. En cada caso, sin embargo, estas definiciones especiales de causalidad, y a *fortiori*, el requisito general de determinación sin ambigüedad, fueron considerados como equivalentes a la suposición de la comprensibilidad de la naturaleza, y repudiados o defendidos como tales.

2. *Los primeros indicios de un debate, 1919-1920*

Si se examinan los índices anuales de libros y revistas alemanas en las primeras décadas del siglo, uno se encuentra con un número notable de artículos y folletos que llevan la palabra «causalidad» en su título. Más chocante, sin embargo, es la abundancia de tales folletos durante los cinco años de 1918-1922 [164]. Normalmente, son soluciones cortas al enigma del universo, las revelaciones de entusiastas más que las meditaciones de académicos. (Esto demuestra, *inter alia*, que Spengler no era el único que consideraba la causalidad como la clave de aquel enigma). No obstante, también los académicos alemanes estaban ansiosos de que no se les dejase fuera de esta discusión; en 1915 la Academia Prusiana de Ciencias había ofrecido un premio para la mejor historia del problema causal desde Descartes, concediéndolo en 1919 a un devoto estudiante del conocido determinista Benno Erdmann [165].

Es también precisamente en este preciso momento —no conozco ningún ejemplo de antes de 1919— cuando los indicios de este debate aparecen en las correspondencias privadas y conferencias públicas de los físicos alemanes. En junio de 1919, contestando a una carta perdida de Max Born, Einstein preguntaba irónicamente: «¿Está permitido que un inflexible hermano X y determinista diga con lágrimas en sus ojos que ha perdido la fe en la humanidad? Precisamente el comportamiento instintivo de nuestros contemporáneos en asuntos políticos es adecuado para mantener una creencia intensa en el determinismo» [166]. Aquí, Einstein está, por una parte, ridiculizando dulcemente a Born por sentir pena de sí mismo y de su país, recordándole a Born la imagen pública del físico teórico —determinista inflexible— y, por otra parte, Einstein está haciendo un pequeño chiste que solamente puede tener algún sentido si fuese

---

[164] *Deutsches Bücherverzeichnis, 6* (1915-1920), 770; *10* (1921-1925), 1298, cita diez de éstos.

[165] Else Wentscher, *Geschichte des Kausalproblems in der neueren Philosophie* (Leipzig, 1921), prefacio.

[166] Einstein-Born, *Briefwechsel* (*op. cit.*, nota 14), págs. 29-30.

un hecho reconocido el que la ley de causalidad estaba siendo atacada en un plano social y en discusión entre los físicos.

Einstein todavía podía bromear con Born acerca de este asunto a primeros de diciembre [167], pero a finales de enero de 1920 su tono se había hecho más serio, ya que en el ínterin, Born, en una larga carta también perdida, evidentemente había confesado a Einstein que estaba dispuesto a tomar en consideración la idea de acausalidad, apoyándose en los argumentos de su subordinado, el antiguo estudiante de Einstein, Otto Stern [168]. «Este tema de la causalidad también me molesta bastante a mí», reconocía Einstein, desalentado por la deserción de Born, pero también ansioso por no ofender con una afirmación demasiado categórica de su propia «gran renuncia a abandonar la causalidad *completa*». No obstante, más interesante incluso que estos comentarios es la asociación de ideas que revela su precisa localización en la larga carta de Einstein —claramente una contestación punto por punto a la de Born—. Aparecen hacia el final, inmediatamente después de unos comentarios no faltos de conmiseración sobre Oswald Spengler, cuya *Decadencia de Occidente,* publicada el año antes, incluía puyas dirigidas tanto hacia Einstein como a Born. «A veces al anochecer», concedía Einstein, «le gusta a uno tomar en consideración una de sus proposiciones, y por la mañana se ríe de ello» [169].

---

[167] *Ibid.,* pág. 38. Born había publicado una corta exposición popular de la relatividad general, «Raum, Zeit und Schwerkraft», *Frankfurter Zeitung,* 23 de noviembre de 1919, núm. 876, págs. 1-3, en donde entre otras puyas a Kant, señalaba que «Quien ha compartido esta evolución [de la teoría de la relatividad] no podrá defenderse de la duda sobre el carácter apriorístico de otras categorías del pensamiento» *. Born fue subsiguientemente seleccionado para ser atacado por Robert Drill, «Ordnung und Chaos. Beiträge zur Geschichte von der Erhaltung der Kraft», *Frankfurter Zeitung,* 30 de noviembre de 1919, núm. 895, págs. 1-2; 1 de diciembre de 1919, num. 899, pág. 1, un salvaje, fanático kantiano que buscaba demostrar el carácter a priori del concepto [metafísico, ontológico] de causalidad utilizando el ejemplo muy concreto de nuestra anticipación del sabor de un trozo de *Wurst* [embutido]. Esto divertía a Einstein: «Su prueba de la causalidad a priori es verdaderamente sublime» **.

[168] Einstein a Born, 21 de enero de 1920, *Briefwechsel,* págs. 42-45. Sería muy interesante saber cuáles eran las opiniones de Born y Stern. Algunas indicaciones en este sentido probablemente estuvieron contenidas en «Wahrscheinlichkeit und Kausalität in der Physik», charla que Born pronunció ante la Physikalischer Verein en Frankfurt el 27 de julio de 1920 (*Jahresbericht,* 1919-1925, pág. 107), pero que parece permaneció sin publicar.

[169] Einstein, 27 de enero de 1920, *loc. cit.* «Spengler no me ha respetado tampoco. A veces uno se deja sugerir algo por él a la tarde, pero a la ma-

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

¿Qué proposición pudo haber tenido Einstein en mente? ¿No habría estado pensando en la proposición más fundamental de Spengler, el eje del sistema, «la oposición entre la *idea de sino* y el *principio de causalidad*»? ¿Es pura casualidad la yuxtaposición en la carta de Einstein de la *Untergang* de Spengler y el tema de la causalidad en la física atómica? ¿No es más probable que en la mente de Born y/o en la de Einstein existiese una íntima, aunque tal vez no completamente consciente, asociación entre la nueva y repentina inclinación de los físicos de abandonar la causalidad y la enormemente popular crítica de la cultura de Spengler en la que el físico, «cuya completa existencia mental está basada en el principio de causalidad» simboliza el miedo tardío y decadente de lo irracional, de lo incomprensible[170]?

Tal asociación entre Spengler y el tema de la acausalidad, sin duda se halla explícitamente en la conferencia pública de Wilhelm Wien sobre «Las conexiones de la física con otras disciplinas», que pronunció un mes más tarde, a finales de febrero de 1920, en la Academia Prusiana de Ciencias. Con anterioridad he utilizado esta conferencia para ilustrar la adaptación camaleónica de la ideología de los físicos a cambios en el medio ambiente intelectual. Aquí, sin embargo, aparece como el primero de una serie de intentos para establecer una clara línea entre aquel medio ambiente y la física como una empresa cognoscitiva. La contradicción aparente refleja más bien la distinción que establecí en el capítulo II entre los rasgos pe-

---

ñana se ríe uno de ello. Se ve que llega la monomanía de la matemática de maestro de escuela. Euclides-Descartes son el contrapunto, que se mete en todo, pero —como se admite con gusto— con entusiasmo. Tales cosas son divertidas, y si mañana alguien con el suficiente genio dice lo contrario, es otra vez divertido, y lo que es verdad, sépalo el diablo» *.

El «Spengler no me ha respetado tampoco», es un enigma, ya que, por lo que yo puedo ver, en la edición original (cf. nota 65) la relatividad es tratada de manera poco peyorativa como «la última forma de la naturaleza fáustica» *, págs. 599-601, mientras que Born no es mencionado en absoluto. Es únicamente en la edición revisada (1923) donde la relatividad es descrita como «una hipótesis de trabajo cruelmente cínica», y el espacio dedicado a ella es reducido mucho, págs. 544-545 (ed. ingl., pág. 419), mientras que Born, confundido con un químico ignorante de matemáticas, recibe su justo merecido en una nota a pie de página en págs. 205-206 (ed. ingl., pág. 156).

[170] Ver notas 77 y 78 y los textos incluidos allí. P. Frank, *op. cit.* (nota 146) dedicaba un capítulo a «Kausalitätsfeindliche Strömungen» **. Sugiere que tales corrientes estaban ampliamente difundidas en el medio intelectual del período de Weimar, pero solamente daba un ejemplo: Spengler.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** Corrientes enemigas de causalidad. *(N. del T.)*

riféricos y centrales de la ideología científica. Aunque Wien estaba preparado para proponer una concepción nueva de las fuentes y de la función socio-intelectual de la actividad científica, diseñada para aparentar que la empresa merecía la pena ante los ojos del público, no estaba sin embargo dispuesto a comprometer aquellos principios ideológicos que consideraba esenciales para el método científico y sus metas cognoscitivas. La fuente y valor verdaderos de la ciencia natural reside, sin duda, en «una necesidad interna de la mente humana», pero esa necesidad lo es para una clase particular de conocimiento; es un «anhelo de comprender la causalidad del curso de los fenómenos [die Kausalität des Geschechens]».

La motivación de Wien para incorporar a la causalidad en la misma definición de ciencia natural se hace bastante evidente cuando, al final de su conferencia, llega a *La decadencia de Occidente.* Aún reconociendo que existe amplia evidencia de la precisión de la caracterización hecha por Spengler de nuestra situación cultural actual, Wien rechaza en principio la noción de leyes históricas, de cualquier curso necesario de la historia. Todas esas leyes pueden ser y son repetidamente violadas «por expresiones irracionales del espíritu humano». Utilizando a Spengler en contra de Spengler, Wien hace hincapié en que si suponemos una ley generalmente válida del envejecimiento de las culturas y la utilizamos para predecir el futuro de la nuestra, «entonces reintroducimos una causalidad encubierta en la historia». Pero para adaptar el muy conocido epigrama de Kant, «me gustaría afirmar que en historia la verdadera ciencia histórica lo es más cuanto menos física contiene... La causalidad es el fundamento de la imagen física del mundo, pero es una categoría [Denkform] de nuestra mente [Geist] y no puede utilizarse de nuevo para el análisis de este mismo espíritu [Geist], la descripción de cuyos efectos es tarea de la historia» [171].

Una vez adoptada la causalidad para establecer así una separación entre su disciplina y su medio, Wien tiene entonces la tarea de rechazar el intento de Spengler de hacer a la física dependiente de la cultura, y especialmente su afirmación de que la física contemporánea, al menguar su fuerza, estaba renunciando a la causalidad. Es la naturaleza la que ha obligado a los físicos a recurrir cada vez más al uso de la estadística; no es un signo de «decadencia» ni ninguna renuncia a la causalidad. Por el contrario, toda utilización de la estadística «postula la causalidad», pero debido a la gran complejidad de las interconexiones causales no se puede seguir en de-

---

[171] W. Wien (*op. cit.*, nota 100); las citas son de las págs. 20, 35 y 38-39, respectivamente.

talle. Mientras que en 1914 Wien recalcaba el que de todas las ciencias naturales es la física teórica la que tiene la personalidad de mayor alcance e importancia, tanto en la construcción de teorías como para influenciar el curso del desarrollo científico, ahora, contra Spengler, tiene dificultades para subrayar que «por muy fuertemente que dependa la formación de los modos físicos de pensamiento de la constitución del físico, está sin embargo decisivamente determinada por la naturaleza de las propias cosas». Los resultados de Arquímèdes concuerdan completamente con los nuestros, y nuestros resultados serán, con toda probabilidad, utilizados por físicos de una cultura venidera [172].

La atención que Wien dedica a Spengler, su interés central en el tema de la causalidad, y su esfuerzo consistente por aislar la física —como una empresa cognoscitiva en la que la causalidad es la característica definitoria— de su acausal e irracional medio histórico, todo esto sugiere que percibía una íntima conexión entre las traicioneras murmuraciones de sus colegas en contra de la causalidad y la brillante expresión de Spengler de ciertas corrientes poderosas en el medio ambiente de la época.

3. *Conversiones a la acausalidad, 1919-1925*

a) *Los primeros conversos: Exner y Weyl.*

No fue hasta 1919, cuando Franz Exner ya tenía setenta años, que sus *Conferencias sobre los fundamentos físicos de las ciencias naturales* fueron publicadas [173]. Y aunque es posible que las cruciales conferencias finales relativas a las leyes de la naturaleza hubiesen estado preparadas mucho tiempo antes en la mente y conversación del distinguido espectroscopista vienés, probablemente ni siquiera fueron incluidas en el curso impartido al público antes de la guerra [174]. La argumentación comienza con la afirmación de que

[172] *Ibid.*, pág. 37; W. Wien, «Ziele und Methoden der theoretischen Physik. Festrede... 1914» (*op. cit.*, nota 90), págs. 152-154.

[173] F. Exner, *Vorlesungen über die physikalischen Grundlagen der Naturwissenschaften* (1.ª ed., Viena, 1919; 2.ª edición ampliada, Leipzig y Viena, 1922). Las cruciales *Vorlesungen* (Conferencias) 86-94 son idénticas en todos los aspectos esenciales en ambas ediciones. Las siguientes citas se han tomado del prefacio a la primera edición y de las *Vorlesungen* 93 y 94.

[174] Evidencia interna en estas conferencias últimas sobre leyes de la naturaleza y la referencia de Exner a ellas en el prefacio como un «Anhang» *, favorecen la opinión de que nunca fueron pronunciadas como tales, sino sintetizadas durante la guerra cuando el libro fue escrito. Ver, no obstante, la nota 158.

* Apéndice. *(N. del T.)*

ninguna de nuestras leyes de la naturaleza es exacta. De este postulado —y aquí tal vez está el nexo de unión con los repudios positivista-monistas de la causalidad a finales del siglo diecinueve— Exner saltaba a la conclusión de que la «causalidad» no se obtiene, que si se examina el movimiento de un cuerpo que cae, con suficiente detalle durante intervalos de tiempo lo suficientemente cortos, entonces se encontrará que es un movimiento perfectamente caótico, dirigido hacia arriba tan a menudo como hacia abajo [175]. La aparente obediencia a leyes que descubrimos en el nivel macroscópico se «explica» entonces por la segunda tesis de Exner de que todas las leyes naturales macroscópicas son esencialmente de carácter estadístico, surgiendo la regularidad de alguna manera no especificada a partir de la colaboración de los movimientos caóticos. La especulación de que *todas* las leyes macroscópicas son esencialmente estadísticas, que ninguna es exacta, en modo alguno era original. Lo que es nuevo es el salto de aquella suposición a la conclusión de que la causalidad fracasa. No se ofrece ninguna justificación para este salto, y Exner ni siquiera suscitaba el problema de cómo de movimientos microscópicos perfectamente acausales surgen regularidades estadísticas.

Exner, el experimentalista, adopta una postura radical nominalista-empirista: las leyes absolutamente rigurosas «son una creación del hombre y no un fragmento de la naturaleza». Tampoco tenemos nosotros el derecho de postular «la existencia de una causalidad absoluta», todavía menos sobre la base de que es necesaria para que podamos comprender la naturaleza. «La naturaleza no pregunta en absoluto si los hombres la comprenden o no, y nuestra tarea no es construir una naturaleza adecuada a nuestro entendimiento, sino simplemente llegar a un acuerdo de la mejor manera posible con aquello que es dado». Aunque Exner no puede mantener de forma consistente su postura empirista y también negar categóricamente la existencia de la causalidad en el nivel microscópico, desea mucho el hacerlo para «llegar a una imagen unificada del mundo» en la que *toda* ley sea puramente estadística, un mundo de puro azar. Por consiguiente hace lo más que puede para convencer a sus (profanos) oyentes de la implausibilidad de la existencia de tal substrato causal, oscilando continuamente, y confundiendo en gran medida, entre la cuestión de la validez de las leyes de la mecánica clásica en el dominio atómico y la validez del principio de causalidad en el mismo medio.

---

175 Exner pretendía (*Vorlesung* 86, pág. 658, en la 2.ª edición) haber obtenido el beneplácito de Ludwig Boltzmann para esta proposición.

Aunque las conferencias de Exner fueron realmente influyentes, no obstante en muchos aspectos tienen un aire arcaico. Exner es una mezcla curiosa de las corrientes filosóficas de las dos generaciones precedentes, un confeso mecánico-materialista pero también claramente un positivista en lo que se refiere a su opinión de las construcciones científicas. Apenas existe una indicación de la *Lebensphilosophie* y del existencialismo que tan prominentemente figurarán en la mayoría de las siguientes conversiones a la acausalidad. La radiactividad y el movimiento browniano son los desarrollos de la física más recientes a los que se refiere; en sus esfuerzos por arrojar dudas sobre el carácter causal de los procesos atómicos prescinde de cualquier tipo de «quantum». Por tanto, la primera de las llamadas a una renuncia de la causalidad fue claramente independiente de los problemas suscitados por la teoría cuántica del átomo o de la radiación.

Con excepción de Exner, el primero en manifestarse claramente en contra de la causalidad fue Hermann Weyl. Weyl fue un fenomenalista de un tipo bastante diferente del de sus ex-hermanos machianos. Siendo *Privatdozent* en Gotinga poco antes de la guerra, Weyl había caído bajo la influencia del programa de «fenomenología pura» de Edmund Husserl. Esta platonizante fenomenología de la mente, basada en una intensa introspección, había surgido de preocupaciones epistemológicas pero en este período estaba degenerando en existencialismo. De 1917 data la primera intromisión manifiesta del punto de vista filosófico de Weyl en su trabajo científico —su propio intento de conseguir un fundamento intuicionista para el continuo [176, 177]—. Pero como indiqué en la sección II.4,

[176] H. Weyl, «Erkenntnis und Besinnung (Ein Lebensrückblick)», *Studia Philosophica* (1954), según la reimpresión en Weyl, *Ges. Abhl.*, *4*, 631-649, recordaba que en sus años de estudiante en Gotinga, 1906-1910, su kantianismo adolescente fue convertido al positivismo —leyó a Mach, Poincaré y F. A. Lange— y únicamente poco antes de su marcha hacia Zurich, en 1913, «fue Husserl, entonces, el que me sacó del positivismo llevándome a una visión más libre del mundo una vez más». El contacto con su colega fue mediatizado por uno de los numerosos entusiastas estudiantes de Husserl, Helene Joseph, con la que Weyl se casó en 1913. Citas explícitas de Husserl aparecieron por primera vez en *Das Kontinuum* (Berlín, 1918), escrita en 1917, y en la introducción a *Raum-Zeit-Materie*, 1.ª edición (Berlín, 1918), prefacio fechado en la Pascua de 1918. La extraordinaria deferencia de Weyl para con Husserl es evidente en las repetidas citas que aparecen, siempre con un total beneplácito, en su *Philosophy of Mathematics and Natural Science* (Princeton: Princeton University Press, 1949), traducida de la edición alemana de 1927. A su vez, la escuela de Husserl estaba feliz de apoyarse en Weyl y de declararle uno de sus miembros: Oskar Becker. «Beiträge zur

Weyl se convirtió pronto en el principal campeón del intuicionismo broweriano en Alemania. Que Weyl vio una íntima conexión entre el intuicionismo en matemáticas y la acausalidad en física es algo que se observa bastante claramente en su manifiesto inicial en contra de la causalidad, «La relación del enfoque causal con el estadístico en física», publicado en agosto de 1920 [178, 179]. «¿Son las estadísticas me-

phänomenologischen Begründung der Geometrie und ihrer physikalischen Anwendungen», *Jahrbuch für Philosophie und phänomenologische Forschund, 6* (1923), 385-560, en las 387-388. Hacia 1928, sin embargo, el éxito de la metamatemática formalista había hecho flaquear la lealtad de Weyl: «Si el punto de vista de Hilbert prevalece sobre el intuicionismo, como parece que es el caso, *entonces yo veo en esto una decisiva derrota de la actitud filosófica de la fenomenología pura,* que demuestra de esta manera ser insuficiente para la comprensión de la ciencia creativa incluso en el área de conocimiento que es más fundamental y más fácilmente abierta a la evidencia, la matemática». (Weyl, *op. cit.,* nota 139). Ved también Peter Beisswanger, «Hermann Weyl and Mathematical Texts», *Ratio, 8* (1966), 25-45.

[177] Una admirable y extraordinariamente inteligible descripción de este notable fenómeno intelectual ha sido dada por Herbert Spiegelberg, *The Phenomenological Movement: A Historical Introduction,* 2.ª edición, 2 vols. (La Haya, 1965), que se puede complementar con Joseph J. Kockelmans y Theodore J. Kisiel, eds., *Phenomenology and the Natural Science: Essays and Translations* (Evanston, Ill., 1970).

[178] H. Weyl, «Das Verhältnis der kausalen zur statistischen Betrachtungsweise in der Physik», *Schweizerische Medizinische Wochenschrift, 50* (19 de agosto de 1920), 737-741, reimpreso en Weyl, *Ges. Abhl., 2,* 113-122. Weyl había preparado una comunicación con ese título para un simposio sobre «el significado de la probabilidad en la Ciencia Natural y en la Medicina» que había sido organizado por Heinrich Zangger, catedrático de medicina forense en Zurich, para el congreso anual de la Schweizerische Naturforschende Gesellschaft en Lugano en septiembre de 1918. El congreso fue cancelado, sin embargo, debido a la epidemia de gripe, de manera que la primera expresión que tenemos de la posición de Weyl es el resumen de 500 palabras de la conferencia que Weyl pronunció el año siguiente, 8 de septiembre de 1919; *Schweizerische Naturforschende Gesellschaft, Verhandlungen* (1919), 2. Teil, págs. 152-153. Este resumen tiene la misma estructura general que el artículo publicado, incluye la jerga fenomenológica-existencialista husserliana («das nur im Willen erlebte 'Grund-sein'» *, etc.) y concluye con una afirmación de la creencia de Weyl «de que en la base de la estadística se encuentra un principio independiente que no se podrá reducir a la causalidad». No obstante, este trabajo sugiere muy fuertemente que en el otoño de 1919, Weyl no había avanzado todavía tan lejos como en su posición de agosto de 1920, y que, en particular, no había establecido todavía la relación con el intuicionismo en matemáticas, estando el rechazo de la causalidad y «la pura ley física» ** basados únicamente en su incompatibilidad con la «importancia de la unidireccionalidad del tiempo para toda nuestra experiencia» ***.

[179] Aunque dejó de mencionar a Hermann Weyl en este punto, A. d'Abro *Decline of Mechanism* (Nueva York, 1939), reimpreso como *The Rise of the*

* El «ser fundamental» con existencia puramente mental. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

*** En alemán en el original. *(N. del T.)*

ramente un atajo hacia ciertas consecuencias de las leyes causales»?, se pregunta Weyl, «o implican que ninguna interconexión rigurosamente causal gobierna el mundo, y que, en su lugar, se debe reconocer al 'azar' junto a la ley como un poder independiente que restringe la validez de la ley? Hoy en día los físicos son completamente de la primera opinión». Y ayer, en la primavera de 1918, también lo había sido Weyl, quien en la teoría que propuso para extender la relatividad general había hecho un «intento» por, según admitía él mismo, llevar a término la idea de una física pura basada en leyes para el conjunto del mundo»[180]. Pero ahora Weyl ha cambiado de opinión y se coloca en oposición a la opinión predominante. ¿Por qué? Tiene ciertas insatisfacciones con la mecánica estadística clásica y con el tratamiento de los fenómenos de fluctuación, pero la auténtica cuestión, como él mismo admite, es que:

finalmente, y sobre todo, es la esencia del continuo que no se puede comprender como una cosa que existe rígidamente [starr], sino únicamente como *algo que se encuentra en el acto de un interminable e interiorizable proceso de devenir*... En un continuo *dado*, por supuesto, este proceso de devenir puede haber alcanzado únicamente un cierto punto; esto es, las relaciones cuantitativas en un trozo S del mundo, intuitivamente dado, [considerado como un continuo de sucesos cuadri-dimensional], son meramente aproximadas, determinables solamente con una cierta libertad, no únicamente como consecuencia de la precisión limitada de mis órganos sensoriales e instrumentos de medida, sino porque *ellas padecen en sí mismas una especie de vaguedad*... Y solamente «al final de todo tiempo», por así decirlo..., se completará el interminable proceso de devenir S, y S experimentará en sí mismo ese grado de exactitud que la física matemática postula como su ideal... Así se relaja la rígida [starr] presión de la causalidad natural, y deja, sin prejuicio para la validez de las leyes naturales, *espacio para decisiones*

New Physics, 1 vol. en 2 (Nueva York, 1952), págs. vii, 212, justificaba la inclusión de un capítulo tratando «Las controversias sobre la naturaleza de las matemáticas» en su exposición histórica de la teoría cuántica, en base a que «En nuestra opinión estas controversias tienen su origen en las mismas diferencias psicológicas que aparecen como responsables de la actual controversia acerca del principio de causalidad en física». Al concluir aquel capítulo, D'Abro sugería: «Se puede decir incluso que la física moderna está siendo testigo de la misma crisis que hemos estado discutiendo en las matemáticas: los teóricos cuánticos ocupan el lugar de los intuicionistas, mientras que Einstein y Planck ocupan el de los formalistas». Creo que la conjetura de D'Abro es esencialmente correcta.

[180] H. Weyl, *Ges. Abhl.*, 2, 116-117, «Gravitation und Elektrizität», *Preuss. Akad. der Wiss., Berlin, Sitzungsber.* (30 de mayo de 1918), 465-480, reimpreso *Ges. Abhl.*, 2, 29-42, y traducido * con notas adicionales, en H. A. Lorentz, *et al.*, *The Principle of Relativity* (Londres, 1923; reimpreso Nueva York, 1952), págs. 201-216.

* Al inglés. *(N. del T.)*

autónomas [Entscheidungen], causalmente absolutamente independientes entre sí, cuyo núcleo central yo considero que son los quanta elementales de materia. Estas «decisiones» son lo *verdaderamente* real en el mundo [181].

He citado con cierta extensión a Weyl porque él mismo se extiende bastante, y porque una mera atribución de tales opiniones y motivos radicalmente existencialistas sería muy probablemente rechazada como increíble. Y sin embargo estos motivos son, claramente, primarios. Weyl ha decidido abandonar el ideal de una física de campos pura —por la cual tan duramente había trabajado y conseguido un éxito tan extraordinario— y adoptar a la materia, o mejor, su libre albedrío, como la realidad última. El campo y sus leyes, como la geometría antes de Einstein, eran ahora meramente un telón de fondo. ¿Por qué? Porque parecía necesario para escapar del determinismo que involucraba la concepción de campos. Aquí, en el otoño de 1919 y en el verano de 1920 Weyl no dice una palabra acerca del cuanto de acción de Planck. Evidentemente no se le ha ocurrido todavía que se puede forzar a la teoría cuántica para proporcionar una base física ostensible para su repudio existencialista de la causalidad. Fue únicamente en el otoño de 1920, mientras preparaba la cuarta edición de *Espacio-Tiempo-Materia*, cuando Weyl argumentó que la teoría cuántica le obligaba a decir «clara y rotundamente que la física en su estado actual simplemente ya no es capaz de apoyar la creencia en una causalidad cerrada de naturaleza material reposando sobre leyes exactamente rigurosas». Allí Weyl también añadió aquella crucial consideración existencialista que había estado con él durante algún tiempo —el repudio del determinismo restaura la unidireccionalidad del tiempo, «el hecho más fundamental de nuestra experiencia del tiempo», que la física del campo nos negaba *a priori* [182]—. Por tanto, «no sólo es la materia restaurada a su vieja reivindicación de realidad, sino que también despierta a una nueva vida la genuina idea de causalidad, de *Verursachung,* tal y como lo experimentamos de la forma más inmediata en nuestra voluntad. Estigmatizada como fetichismo por Mach...», etcétera, etcétera [183].

---

[181] H. Weyl, *Ges. Abhl.*, *2*, 121-122.

[182] H. Weyl, *Raum-Zeit-Materie*, 4.ª edición (Berlín, 1921), págs. 283-284; *Space-Time-Matter,* traducido de la 4.ª edición por H. L. Brose (Londres, 1922; reimpreso Nueva York, 1952), págs. 310-312. El prefacio a esta edición está fechado en noviembre de 1920. De nuevo con un enunciado más preciso de «causalidad», en la 5.ª edición (Berlín, 1923), págs. 286-287.

[183] H. Weyl, «Feld und Materie», *Annalen der Physik, 65* (1921), 541-563, recibido el 28 de mayo de 1921; reimpreso en Weyl, *Ges. Abhl.*, *2*, 237-259, en la 255.

Parece bastante claro —y de hecho es característico de todos los acausalistas— que el tipo de realidad primaria que Weyl haría que disfrutase la materia, sencillamente no es una clase de realidad que sea accesible al conocimiento físico. Así por el verano de 1924, mientras llevaba a su conclusión lógica su «teoría-agente leibniziana de la materia», Weyl regresaba al campo como la realidad *física* primaria:

> la propia partícula material no es ni siquiera un punto en el espacio, sino algo que está completamente fuera de la categoría de extensión... Es análoga al Ego, cuyas acciones, a pesar del hecho de que él mismo no tiene extensión, siempre tienen su origen, a través de su cuerpo, en un lugar definido del continuo del mundo. No obstante, cualquiera que sea en su esencia interna este agente excitante del campo —tal vez la vida y la voluntad— en la física lo consideramos únicamente en términos de las acciones del campo que son excitadas por él, y somos capaces de caracterizarle numéricamente (carga, masa) solamente en virtud de estas acciones del campo [184].

Weyl fue entonces capaz de reconciliarse con esta resurrección del campo porque pensaba que había encontrado finalmente una escapatoria a la proposición de que las teorías de campos clásicas encarnan e imponen la concepción laplaciana de la causalidad. En un artículo semidivulgativo en forma de diálogo, Weyl argumentaba que «de acuerdo con la teoría general de la relatividad, el concepto de movimiento relativo de varios cuerpos uno con respecto de otro es tan poco sostenible como el del movimiento absoluto de un solo cuerpo». Por consiguiente, el principio de causalidad no puede incluir estos insostenibles estados de movimiento, y por tanto se reduce a la afirmación de que «el mundo de los sucesos depende solamente de, y debe ser determinado de forma inambigua por, la carga y la masa de todas las partículas materiales. Como esto es obviamente absurdo... se debe abandonar ese principio de causalidad» [185].

b) *Verano y otoño de 1921: Von Mises, Schottky, Nernst,* et al.

Las conversiones cuasi-religiosas a la acausalidad, de las que Weyl es el primer ejemplo, se convirtieron en un fenómeno habitual en la comunidad de físicos alemanes durante el verano y otoño de

[184] H. Weyl, «Was ist Materie?», *Naturwiss, 12* (11, 18, 25 de julio 1924), 561-569, 585-593, 604-611; *Ges. Abhl., 2,* 486-510, en la 510.

[185] H. Weyl, «Massenträgheit und Kosmos. Ein Dialog», *Naturwiss., 12* (14 de marzo de 1924), 197-204; *Ges. Abhl., 2,* 478-485.

1921. Como arrebatados por un gran despertar, un físico tras otro compareció ante una audiencia universitaria general para renunciar a la satánica doctrina de la causalidad y proclamar las felices noticias de que los físicos estaban a punto de liberar al mundo de su esclavitud a ella. Los casos que yo conozco son: Walter Schottky en junio, Richard von Mises en septiembre, Walther Nernst en octubre[186].

La conversión de Von Mises a la acausalidad es particularmente interesante no sólo porque demuestra la rapidez con que esta regeneración podía tener lugar y su esencial independencia de las dificultades encontradas en la física atómica, sino también porque proporciona evidencia *prima facie* de una relación directa entre el repudio de la causalidad por un leal descendiente del positivismo austríaco y su capitulación a la *Weltschmerz* de *La decadencia de Occidente* de Spengler. En la conferencia inaugural (y de despedida) de Von Mises tal y como fue pronunciada en febrero de 1920 en el Technische Hochschule Dresden, y publicada en agosto de 1920, la causalidad se manejaba todavía inconscientemente y no peyorativamente como equivalente a la explicación física. «Vemos ahora, en nuestra época, cómo un nuevo y realmente enorme campo de fenómenos, la multiplicidad de los elementos químicos, ha sido llevado al dominio de la explicación causal». Y Von Mises da por sentado que la meta de la física atómica, lo mismo que la de toda la ciencia natural, es y debe ser «explicar todos estos fenómenos sobre la base de muy pocos principios, para revelar su causalidad»[187]. Pero cuando uno pasa al totalmente spengleriano apéndice que Von Mises añadió en septiembre de 1921 a la reimpresión de su conferencia, se encuentra que su actitud hacia la causalidad —y hacia otras cosas— se ha transformado completamente. Cada proceso eléctrico, térmico, óptico es un fenómeno estadístico y como tal fundamentalmente incompatible con el concepto de causalidad. Mientras nos basemos en aquel concepto, «la teoría cuántica y todo aquello conectado con ella debe aparecer como un enigma insoluble. Cualquiera que examine la historia del conocimiento físico no podrá sino reconocer

[186] W. Schottky, «Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt. Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung», *Naturwiss.*, 9 (24 y 30 de junio de 1921), 492-496, 506-511; R. von Mises, «Über die gegenwärtige Krise der Mechanik» (*op. cit.*, nota 143); W. Nernst, *Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze* (Berlín, 1921), 26 págs., reimpreso en *Naturwiss.*, *10* (26 de mayo de 1922), 489-495. Esta es la conferencia inaugural de Nernst como rector de la Universidad de Berlín, 15 de octubre de 1921.

[187] R. von Mises, *Naturwissenschaft und Technik der Gegenwart* (*op. cit.*, nota 118), pág. 19.

que aquí se necesita inexorablemente un cambio esencial, que se está preparando gradualmente, *de nuestro modo de pensar,* de todo el esquema de 'explicación física'» [188].

Ciertamente, Von Mises ha invocado la teoría cuántica como la ocasión para repudiar la causalidad. Pero no estaba dispuesto a que esto fuese *más* que la ocasión, ya que, en particular, su propia disciplina, la mecánica clásica aplicada, permanecía lastrada con el estigma de la causalidad. En este mismo mes, septiembre de 1921, durante el primero de los congresos anuales físico-matemáticos alemanes, Von Mises leyó a sus colegas una conferencia —o mejor, hizo una confesión pública ante una asamblea de sus compañeros— sobre «La crisis actual en la mecánica».

Dicho en la forma más concisa posible, esta cuestión —en cuya respuesta negativa discierno la crisis en el estado actual de la mecánica— es así: ¿podemos suponer todavía que todos los fenómenos de movimiento y equilibrio que observamos en los cuerpos visibles se pueden explicar dentro del esquema de los axiomas newtonianos y de sus extensiones? En otras palabras, ¿puede ser determinado sin ambigüedad el curso temporal de todo movimiento de una porción arbitrariamente delimitada de masa, especificando el estado inicial y suponiendo que está actuando alguna ley de fuerza apropiada?... Todo lo que quiero demostrar aquí es que la acumulación de datos que poseemos en la actualidad hace evidente que sea altamente improbable que esta meta de la mecánica clásica se pueda alcanzar alguna vez, y que otras, perfectamente definidas y ya familiares, consideraciones están destinadas a mitigar o a suplementar la rígida estructura causal [den starren Kausalaufbau] de la teoría clásica..., aunque el sacrificio sea grande o pequeño, aunque lo encontremos difícil o fácil, me parece inevitable el afirmar de una vez clara y francamente que existen dentro de la puramente empírica mecánica fenómenos de movimiento y equilibrio que nunca podrán ser explicados en base a las ecuaciones diferenciales de la mecánica... [189].

Uno no puede evitar el sentirse sorprendido por el tono de «yo también» del repudio de Von Mises de «la rígida estructura causal» de la mecánica clásica y de su representación de esa renuncia como un acto de virtud moral. Sin embargo, es también precisamente este tono lo que sugiere que una conversión a la acausalidad llevaba consigo un significativo beneplácito social, recompensas sociales tan sustanciales que Von Mises no podía soportar el dejar que los físicos atómicos las monopolizasen.

Aunque Weyl ya había recurrido a la teoría cuántica buscando apoyo y munición para su ataque a la causalidad, Walter Schottky

[188] *Ibid.,* pág. 30.
[189] R. v. Mises, *op. cit.* (nota 143), *Selected Papers,* 2, 482, 487.

parece haber sido el primer físico atómico que publicó un manifiesto acausal tratando «El problema de la causalidad en la teoría cuántica como una cuestión básica para la ciencia natural moderna en su conjunto»[190]. El artículo de Schottky de junio de 1921, subtitulado «Intento de una explicación popular», es evidentemente una versión desarrollada de una conferencia —muy probablemente una conferencia inaugural como *Privatdozent* de física teórica en la Universidad de Würzburg, donde había recibido su habilitación después de varios años en los laboratorios de investigación de Siemens y Halske en Berlín—. Schottky está seguro de que en tanto que uno esté acostumbrado a considerar las leyes rigurosas de la física como un modelo e ideal para «toda contemplación analítica de la naturaleza», una explicación general e histórica de la «crisis», la «revolución en la concepción básica de la forma y rango de las leyes físicas» que está preparándose, será bienvenida por su audiencia[191].

En la primera parte del artículo, Schottky desarrolla la propuesta de que el campo electromagnético y sus variables están acabados, muertos. Ya que, argumenta con impecable lógica, si no conocemos las leyes de la interacción de átomos con radiación, y sin embargo sólo podemos observar las cantidades del campo electromagnético a través de su interacción con la materia, entonces estas «variables de estado de la teoría de los campos... ya no poseen ningún tipo de significado para la investigación científica». Concediendo que «ésta es una consecuencia que sin duda muy pocos físicos han aceptado hasta ahora», Schottky pasa inmediatamente a preguntar qué tipo de magnitudes observables, y qué clase de conexiones entre ellas, deben ponerse en lugar del campo magnético. Y la respuesta: «La propia ley de causalidad, con su condicionamiento total de los fenómenos futuros por los fenómenos presentes y pasados, parece... que debe ponerse en duda»[192].

Esto en la primera parte. En la segunda parte descubrimos que las variables convencionales del campo electromagnético y las ecuaciones están de nuevo funcionando, y todo lo que queda del primer «análisis» es la insistencia de que cualquier solución al problema de la interacción de los átomos y la radiación debe anular la causalidad. La primera propuesta de Schottky es la a menudo repetida conjetura de que las ecuaciones del campo únicamente determinan la proporción con que tienen lugar los procesos cuánticos elementales. Pero este «camino a primera vista tan atractivo es impracticable»,

---

190 W. Schottky, *op. cit.* (nota 186).
191 *Ibid.*, pág. 492.
192 *Ibid.*, págs. 495-496.

ya que Einstein le ha dicho que, debido al cumplimiento inexacto de las leyes de conservación, en el curso de un tiempo suficientemente largo pueden surgir de la nada movimientos con velocidades arbitrariamente grandes —un punto que se les escaparía a Bohr, Kramers y Slater tres años después—.

Schottky pasa ahora a su idea favorita de que existe una conexión directa a través de una acción a distancia retardada entre el átomo emisor y el absorbente, de manera que en el instante en que se emite un cuanto ya está predeterminado dónde, cuándo y por qué átomo será absorbido. ¿Pero no es esto causalidad en su expresión suprema, una física *à la* Calvino? Así es como Tetrode, un físico teórico holandés poco apreciado, exponía el caso cuando, exactamente un año después, publicaba las líneas generales de una teoría basada en esta misma idea [193]. Sin embargo, tal pensamiento nunca entró en la mente de Schottky; todo lo que él ve es un fracaso de la causalidad que surge del hecho de que ya no es posible «concebir el curso de los sucesos como una corriente que fluye continua y uniformemente», que debido a que los «hilos irrompibles» que conectan emisión y absorción se extienden infinitamente lejos hacia el pasado y hacia el futuro, ya no es posible en principio predecir el futuro a partir de una sección transversal del mundo en un instante de tiempo dado. Y finalmente, para hacer a la acausalidad doblemente segura, Schottky afirma categóricamente —pero inexplicablemente— que estos actos elementales de emisión y absorción, las posiciones precisas de los principios y finales de estos hilos irrompibles, están indeterminadas, «sin causa directa y sin efecto directo», «fuera de la relación de causa y efecto» [194].

Esto es lo que ocurría con el *Privatdozent* Schottky. ¿Es acaso la demostración del fracaso de la causalidad que ofrecía cuatro me-

---

193 H. Tetrode, «Über den Wirkungszusammenhang der Welt. Eine Erweiterung der Klassischen Dynamik», *Zeitschr. f. Phys.*, *10* (1922), 317-328, recibido el 14 de junio de 1922. Tetrode es generalmente crítico de «la unilateralmente dirigida [!], en parte azarosamente condicionada causalidad» * a la que ha conducido el desarrollo moderno de la física, sobre todo la teoría de la acción de campos. Pero esta concepción de la causalidad *no* es aborigen en la mente humana; por consiguiente, ¿por qué no considerar otra concepción? El resultado es notablemente parecido a la teoría de Bohr-Kramers-Slater —el campo electromagnético se hace irreal, la conservación de la energía y del momento es estadística—, pero con el propósito exactamente contrario; a saber, el reforzar más que el relajar al determinismo.

194 W. Schottky, *op. cit.* (nota 186), págs. 509-511.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

ses después el *Geheimrat* profesor Walther Nernst en su conferencia inaugural como rector de la Universidad de Berlín —conferencia que produjo una agitación correspondientemente mayor—, menos tendenciosa, menos superficial y falaz? A duras penas. De nuevo, lo que es más sorprendente aquí es la resolución del autor de hundir la ley de la causalidad de un modo u otro. Y su motivo para hacer esto es suficientemente claro:

«¿Pero puede ahora la filosofía y la ciencia natural realmente afirmar con seguridad que, por ejemplo, toda acción humana es el resultado inambiguo de las circunstancias prevalecientes en el momento? Si leyes de la naturaleza absolutamente rigurosas controlasen el curso de todos los sucesos, entonces a duras penas podría uno evitar esta conclusión». Pero la filosofía ha adoptado esta posición únicamente porque ha estado tiranizada por las ciencias naturales exactas, cuyo «concepto del principio de causalidad como una ley de la naturaleza absolutamente rigurosa, aprisionaba a la mente [Geist] como en una bota malaya, y es, por consiguiente, en la actualidad, la obligación de la investigación en la ciencia natural el aflojar suficientemente estos grilletes de manera que el libre discurrir del pensamiento filosófico no sea ya estorbado» [195].

En líneas generales el argumento de Nernst es que, primero, el principio de causalidad implica la existencia de leyes naturales exactas, pero ninguna de las leyes naturales con que estamos familiarizados es exacta; por consiguiente es posible, e incluso probable, que la causalidad no se obtenga. (*No* se reconoce una deuda con Exner). Segundo, incluso si fuese el caso de que los movimientos de las moléculas individuales obedeciesen leyes exactas, podríamos postular que las fluctuaciones en la energía del punto-cero del éter desorganizan estos movimientos. Como no hay forma experimental de aislar una porción del éter, el ideal de sistemas idénticamente preparados, aislados, es en principio irrealizable. «La ley de la causalidad exige que en el caso de condiciones iniciales idénticas, dos sistemas diferentes seguirán caminos idénticos en su evolución; ahora, sin embargo, nosotros hemos llegado a la conclusión de que dos sistemas de este tipo no pueden existir en absoluto» [196]. Nernst no está, por

[195] N. Nernst, *op. cit.* (nota 186), págs. 492-495. Las citas siguientes son de las págs. 494-495.

[196] Cf. Werner Heisenberg, «Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik», *Zeitschr. f. Phys.*, *43* (1927), 172-198, recibido el 23 de marzo de 1927: «Pero en la formulación precisa de la ley de causalidad: 'Si conocemos el presente de manera exacta, podemos calcular el futuro', no es la conclusión la que es falsa sino la presuposición. En principio somos incapaces de llegar a conocer el presente en todos sus elementos determinantes» (pág. 197).

supuesto, previendo una teoría cuántica de campos en la que las propias fluctuaciones del éter sean en principio indeterminadas, sino que más bien supone implícitamente que, como en cualquier teoría de campos clásica, el instante, el lugar y manera de tales fluctuaciones estaría completamente determinado si se pudiese especificar el estado de *todo* el éter. Nernst sólo podía excluir esta posibilidad en base a que «entonces llegamos a un sistema infinitamente extendido, frente al cual nuestras leyes de pensamiento fracasan» [197].

Por tanto, está claro que aunque Nernst desea con toda su alma renunciar a la causalidad, es sencillamente incapaz de liberarse de la suposición implícita de que el mundo *es realmente* causal. El propio Nernst había comenzado a advertir esto en la primavera de 1922 cuando su conferencia fue reimprimida en *Die Naturwissenschaften*. Añadió entonces una posdata señalando que «la mayoría de las religiones mantienen que todos los sucesos ocurren de acuerdo con la voluntad de una inteligencia suprema, y por tanto con completa lógica, lo que es idéntico a los requisitos del principio de causalidad». Por consiguiente, «no es tanto una cuestión de si uno considera o no el principio de causalidad como rigurosamente válido, sino si uno piensa que los procesos naturales son comprensibles o, por el contrario, mantiene que la mente humana es incapaz de seguir estos procesos hasta sus últimos detalles». Esta última es, ahora, la posición de Nernst —«solamente son accesibles a nuestra cognición científico-natural valores medios estadísticos de la evolución de los sucesos»—, y así vemos una vez más que el repudio de la causalidad es de hecho un repudio tanto de la propia razón como de la empresa cognoscitiva en que los físicos se habían comprometido hasta entonces [198].

---

197 En el original: «unsere Denkgesetze versagen».

198 Nernst es realmente bastante anticuado en sus concepciones físicas, y únicamente trata de extraer de ellas conclusiones de moda. Su postulado de que los movimientos e interacciones de un sistema mecánico *sub*-atómico (el éter) perturban los movimientos e interacciones de sistemas mecánicos atómico-moleculares, de manera que las leyes del movimiento de una sola molécula de gas expresarían únicamente valores medios, había sido tomada en consideración por Ludwig Boltzmann un cuarto de siglo antes, sin que, por supuesto, se hubiera visto en esto ningún fallo de la causalidad (Boltzmann, *Vorlesungen über Gastheorie* [Leipzig, 1896-1898], traducida por Stephen G. Brush, como *Lectures on Gas Theorie* [Berkeley, 1964], pág. 449). Al proponer que las fluctuaciones de la energía del punto cero del éter son responsables del inicio de la desintegración de los átomos radiactivos, Nernst está, en realidad, adoptando un mecanismo y explicación causales para este ejemplo principal de un proceso natural aparentemente acausal.

Dejando al margen el tema común del *ignorabimus,* los tres casos que acabamos de examinar —Von Mises, Schottky, Nernst— muestran una notable coincidencia temporal, que sugiere una ola de conversiones a la acausalidad. Y si uno recuerda que no existía en este preciso momento ningún desarrollo específico en física que pudiera considerarse de manera plausible como la fuente de tales convicciones acausales, entonces a duras penas puede uno evitar la conclusión de que lo que estamos tratando es, esencialmente, una capitulación a aquellas corrientes intelectuales presentes en el mundo universitario alemán que describimos en el capítulo I. Además, me siento inclinado a considerar esta capitulación como un fenómeno muy extendido, precisamente debido a la falta de evidencia negativa. La única otra conferencia académica de tipo general que yo conozco, pronunciada en este momento por un físico teórico, no contiene, ciertamente, ninguna renuncia explícita al principio de causalidad, pero sí las más claras indicaciones de que es un tema sujeto a controversia: al acceder al rectorado de la Universidad de Berlín, Paul Gruner hizo los más enérgicos esfuerzos para colgar el ignominioso epíteto «causal» sobre la visión del mundo mecanístico-materialista y hundir a los dos juntos [199].

c) *Notables conversiones tardías: Schrödinger y Reichenbach.*

En el otoño de 1921, Erwin Schrödinger llegó a Zurich como catedrático de física teórica de la Universidad, y de esta forma entró en contacto con Hermann Weyl. Con anterioridad Schrödinger había mantenido un estrecho contacto personal con Franz Exner como estudiante, ayudante y *Privatdozent* en Viena antes de la guerra. Y cuando, un año después, pronunció su conferencia pública inaugural, también él lanzó un manifiesto contra la causalidad que guardaba gran parecido con aquellos presentados en ocasiones análogas un año antes. El manifiesto de Schrödinger, sin embargo, se distingue no sólo por su apretada exposición y fina expresión literaria, sino también por su insistencia en la prioridad e importancia de Exner [200].

---

[199] P. Gruner, *Die Neuorientierung der Physik. Rektoratsrede* (*op. cit.*, nota 125), págs. 5, 11.

[200] E. Schrödinger, «Was ist ein Naturgesetz?» *Naturwiss., 17* (4 de enero de 1929), 9-11; traducido como «What is a Law of Nature?» en Schrödinger, *Science, Theory and Man* (Nueva York, 1957), págs. 133-147. Esta fue la lección inaugural de Schrödinger como catedrático de física teórica en la Universidad de Zurich, 9 de diciembre de 1922, que permaneció sin publicar en la época.

El principio de causalidad es el postulado de «que todo proceso o suceso natural está absoluta y cuantitativamente determinado al menos a través de la totalidad de las circunstancias o condiciones físicas que acompañan su aparición». Pero «en las cuatro o cinco últimas décadas la investigación física ha demostrado de manera perfectamente clara que para al menos la abrumadora mayoría de fenómenos, cuya regularidad e invariabilidad de evolución ha conducido al postulado de la causalidad general, la raíz común de la observada rigurosa obediencia a leyes es: *azar*». Ahora, en tanto que las leyes físicas son estadísticas, no *requieren* que los sucesos moleculares individuales estén determinados de manera rigurosamente causal. (Fue «Exner quien en 1919, por primera vez, con completa claridad filosófica» señaló la falta de fundamento en la suposición habitual de que los procesos moleculares son de hecho causales). Además, Schrödinger encuentra muy poco satisfactoria la dualidad en las leyes de la naturaleza que viene implícita en la suposición de rigurosa causalidad en el microcosmos. «En el mundo de los fenómenos visibles» —gobernado como está por la estadística, y por tanto por el concepto de número puro— «tenemos clara inteligibilidad, pero detrás de esto existe un oscuro, eternamente ininteligible imperativo, un enigmático 'debe'». (Compárese con Spengler: «El principio de causalidad expresa miedo del mundo. Con él el intelecto ahuyenta lo demoníaco en la forma de una necesidad continuamente válida, que rígida y destruyendo el alma se extiende sobre la imagen del universo físico» [201]). «Esta duplicidad de las leyes de la naturaleza», continúa Schrödinger, «le recuerda demasiado a uno la duplicidad animista de los *objetos* naturales para que yo crea que se puede sostener». Y concluye su conferencia afirmando que la solución a nuestras dificultades en la física atómica dependerá de la «liberación del enraizado prejuicio de la causalidad absoluta».

Pero de nuevo aquí los rasgos más llamativos del manifiesto son, por una parte, los términos cuasi-morales en los que se repudia la causalidad «ein dunkles, ewig unverstandenes Machtgebot»— y, por otro lado, la frivolidad con que se descartan las objecciones al abandono de la misma. Y así una vez más parece razonable considerar la conversión como una forma de adaptación al medio ambiente intelectual —más razonable todavía en tanto que el propio Schrödinger estaba dispuesto a admitir la tesis spengleriana de que

---

* Un oscuro, eternamente ininteligible imperativo. *(N. del T.)*

[201] Ver nota 77 y nota 158.

la teoría física es una expresión de, y por tanto se ajusta a, el *Zeitgeist* * [202]—.

Conozco otro claro y dramático ejemplo de repudio cuasi-religioso de la causalidad en los años que precedieron a la mecánica cuántica: la conversión de Hans Reichenbach en el otoño de 1925. En 1924, cuando escribió su *Axiomatización de la teoría relativista del espacio y del tiempo,* Reichenbach todavía apoyaba firmemente la idea de causalidad [203]. E incluso tan tarde como agosto, o posiblemente septiembre, de 1925, Reichenbach podía iniciar un artículo popular sobre «Leyes probabilistas y leyes causales» afirmando que la ley de la causalidad, «esta ley suprema», es la condición previa para la aplicación de las matemáticas a la física y por tanto para que ésta última sea una ciencia exacta [204]. Pero cuanto más avanza uno en la lectura de este artículo más claro se hace el que la lealtad de Reichenbach a la causalidad está comenzando a tambalearse. «¿Veremos realizado algún día el viejo ideal de la física, y comprenderemos el mundo atómico de manera perfectamente rigurosa? Muchos investigadores, incluso los más importantes, creen esto... Otros, por el contrario, y también entre ellos hay importantes investigadores, son de la opinión de que tal vez exista aquí un límite intrínseco para cualquier explicación». Y Reichenbach concluye: «Uno no está autorizado a decir que bajo cualquier circunstancia debe ser posible encontrar una explicación causal en el nivel atómico. Más bien, la decisión acerca de esta cuestión debe reservarse a la propia física, y no puede ser hecha por la filosofía».

Hasta aquí nuestro empirista lógico Reichenbach, en agosto o septiembre de 1925. Considérese ahora el artículo sobre «La estructura causal del mundo» que el notorio existencialista Reichenbach escribió uno o dos meses después [205]. La sección inicial —que lleva un subtítulo muy curioso: «Determinismo y el problema del 'ahora'»— comienza así: «Se ha convertido en normal el considerar la hipótesis de la causalidad en física como tan autoevidentemente necesaria que uno ya no piensa en someterla a crítica. Y la mayoría de las

---

* Espíritu de la época. (*N. del T.*)

[202] Schrödinger, *op. cit.* (notas 133, 228 y 235).

[203] H. Reichenbach, *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre* (Braunschweig, 1924), traducido por María Reichenbach como *Axiomatization of the Theory of Relativity* (Berkeley-Los Angeles, 1969), pág. 15.

[204] H. Reichenbach, «Wahrscheinlichkeitsgesetze und Kausalgesetze», *Die Umschau, 29* (3 de octubre de 1925), 789-792.

[205] H. Reichenbach, «Die Kausalstruktur der Welt und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft», *Bayerische Akad. d. Wiss., München, math.-naturwiss. Abteilung, Sitzungsber.* (1925), págs. 133-175. Presentado por C. Carathéodory en la sesión del 7 de noviembre de 1925.

veces uno no nota hasta qué punto esta hipótesis es una extrapolación por encima y más allá de los hechos de la experiencia. La afirmación de que sin la hipótesis de causalidad no es posible el conocimiento exacto de la naturaleza agota la defensa habitual de este punto de vista». Aquí uno busca en vano la esperada cita de las propias publicaciones anteriores de Reichenbach. «En lo que sigue se demostrará que incluso sin la hipótesis de rigurosa causalidad es posible dar una descripción cuantitativa de la evolución de la naturaleza que suministra todo lo que la física puede proporcionar...» De un breve análisis del concepto de causalidad surge entonces muy rápidamente, y esencialmente sin discusión, la «conclusión» de que causalidad en el sentido de determinismo es una extrapolación injustificada e innecesaria: «Para la física, la hipótesis del determinismo es completamente vacía». Por consiguiente se debe descartar, y colocar en su lugar el concepto de probabilidad, tomado como fundamental e irreducible[206].

¿Cuál es la ocasión, el motivo, la fuerza motriz detrás de esta revolución? ¿Es acaso que la decisión que el Reichenbach empirista lógico había reservado a la física se ha venido abajo súbitamente? Pero no oímos ni una palabra de desarrollos de este tipo. Por el contrario se nos asegura que: «Es el requerimiento de un mínimo de suposiciones lo que nos obliga a renunciar a la rigurosa causalidad». Lo que es tanto como decir que la filosofía existencialista, disfrazada de empirismo lógico, se ha apropiado de la decisión. Pero en este punto el Reichenbach existencialista se despoja de su disfraz: diversas investigaciones, en particular aquellas del Reichenbach empirista lógico, han demostrado que la idea de una cadena causal está estrechamente relacionada con la topología del tiempo, esto es, con los conceptos fundamentales de «antes», «después» y «simultáneo».

Pero [recalca nuestro existencialista Reichenbach] lo que estas investigaciones no pueden resolver es el problema del «ahora»..., el «punto del ahora» como experiencia [Erlebnis] de la frontera entre el pasado y el futuro... Un «antes» y un «después» también existen para el determinismo, pero no un «ahora»; no hay un punto distinguible en el tiempo. Y la sensación de que mi propia existencia es una realidad, mientras que la vida de Platón solamente proyecta su sombra en la realidad, debe ser un error... Eso, sin embargo, contradice todo el sentido de nuestra existencia; tenemos una actitud completamente diferente hacia el futuro que hacia el pasado. Y a menos que se quiera considerar cada una de nuestras acciones, cada pensamiento que nos acompaña en el orden de nuestra vida diaria, como un único inmenso error, se tendrá que el determinismo debe ser falso... Si se renuncia a él,

[206] *Ibid.*, págs. 133, 136.

se puede evitar la contradicción con nuestros sentimientos vitales elementales. Por supuesto que tal sentimiento no debe ser decisivo si la razón se manifiesta concluyentemente en contra suya —analicemos, por consiguiente, en primer lugar, a la razón para ver si el mantenimiento del determinismo es necesario. Y esto no ocurre[207]—.

En lo repentino de su conversión a la acausalidad, en su independencia explícita de desarrollos recientes en física atómica, y en su claramente manifiesta conexión con una capitulación a la *Lebensphilosophie* existencialista, el caso de Reichenbach es ciertamente extremo. Sin embargo, cada uno de los casos que he examinado —y muy especialmente aquellos de Weyl, Von Mises y Schrödinger— comparte estas características en alguna medida. Con excepción de Exner, todos ellos muestran las cualidades de una experiencia cuasi-religiosa, de un renacimiento, de un arrepentimiento por los pecados pasados, en una palabra, de una conversión. Cuando nuestros conversos intentaban demostrar la necesidad de esta renuncia a la causalidad, sus argumentos, con demasiada frecuencia, deberían lógicamente haberles conducido a la conclusión opuesta. Creo que de esto se debe inferir que preveían completamente que *cualquier* argumento que propusiese un físico como una demostración del fracaso de la causalidad sería recibido por su audiencia con un aplauso libre de críticas. Y cuando uno recuerda que las audiencias de la mayor parte de estas renuncias eran, en primer lugar, el claustro completo de una universidad reunido para una ceremonia, entonces me parece razonable interpretar tales renuncias como intentos de alterar, o al menos de recibir una dispensa especial de, una insoportablemente ignominiosa imagen pública del físico teórico como «un insensible determinista».

4. *No regenerados en contra de la corriente, 1922-1923*

La ola de conversiones a la acausalidad en la última parte de 1921 indujo una serie de demostraciones públicas de los físicos teóricos «más importantes» en apoyo de la causalidad. Planck y Einstein —colegas de Nernst y de Von Mises en la Universidad de Berlín— estaban bastante molestos; sentían que sus colegas estaban traicionando (inconscientemente) a su profesión, y suministrando carburante a los fuegos anticientíficos reinantes entonces en Alemania. En 1922 y 1923 ambos se adelantaron a censurar semejantes

---

[207] *Ibid.*, págs. 138-141.

irreflexiones y a defender el principio de causalidad tanto en la física como fuera de ella.

Entre los primeros, sin embargo, en levantar su voz estaba el viejo «perro de presa» de Mach, Joseph Petzoldt, quien en una larga carta al editor de *Die Naturwissenschaften*, «Acerca de la crisis del concepto de causalidad», trataba a Schottky y a Nernst como a chicos de escuela [208]. Las cuestiones que ellos han suscitado fueron consideradas con detalle y resueltas hacía más de dos décadas. A Schottky le señalaba que la acción a distancia temporal es tan compatible con el concepto machiano de causalidad como lo es la acción a distancia espacial. A Nernst le declaraba firmemente que mientras que es *concebible* que la regularidad de la naturaleza pueda fallar, «no existe límite al 'conocimiento' [des 'Begreifens']». Unicamente Schottky replicó a Petzoldt, y su refutación fue débil, vaga y poco ingeniosa —«No hace falta decir que tampoco los físicos se sienten felices... renunciando a la suposición de que *todos* los sucesos están unidos entre sí mediante leyes» [209]—. Se ve por tanto qué poco preparados estaban los conversos a soportar las críticas, cómo las encontraban de desconcertantes, y con qué rapidez se les podía silenciar.

El 29 de junio de 1922, unas semanas antes de que se publicase la carta de Petzoldt, Max Planck, como secretario de la Academia Prusiana, aprovechó la ocasión de la sesión pública anual en honor de su fundador espiritual, Leibniz, para afirmar el carácter transcendental de la ley de causalidad y para reprender al académico Nernst —sin nombrarle, naturalmente— por su irresponsable charla [210]. Cuando la hipótesis cuántica haya sido desarrollada suficientemente de manera que se pueda hablar propiamente de una teoría cuántica, será entonces el momento adecuado para considerar sus consecuencias para nuestro pensamiento científico-causal. «Mientras tanto, la especulación tentativa ofrece las más variadas posibilidades, cuya rica profusión recomienda una precaución crítica tanto más en cuanto que es precisamente en el momento actual cuando han surgido de diversos lados peligros no desdeñables al firme avance del trabajo científico». Sobresaliendo entre estos peligros, está la penetración de un vigoroso, pero básicamente estéril diletantismo», que confunde y funde ciencia con religión, y que pretende «directamente y con relativamente poco esfuerzo arrancar los dorados frutos del conoci-

[208] J. Petzoldt, «Zur Krisis des Kausalitätsbegriffs», *Naturwiss.*, *10* (11 de agosto de 1922), 693-695, fechado el 2 de julio de 1922.

[209] W. Schottky, «Zur Krisis des Kausalitätsbegriffes», *Naturwiss.*, *10* (1922), 982, fechado el 6 de octubre de 1922.

[210] M. Planck, «Ansprache des vorsitzenden Sekretärs» (*op. cit.*, nota 17).

miento y del deleite del rico árbol de la vida, en contraste con la denominada escuela o cofradía científica, que únicamente mediante duros, prolongados y especializados estudios es capaz de acumular un diminuto granito tras otro en su granero. Hoy todavía no se puede prever cuándo y dónde estallarán finalmente estas iridiscentes pompas de jabón... Ante estas corrientes intelectuales, las academias se encuentran en una situación substancialmente mejor que sus instituciones hermanas, las universidades, que tienen que soportar mucho más directamente el cambiante movimiento de las olas de la vida pública»[211]. Evidentemente, entonces también Planck vio, o al menos sintió, una conexión íntima entre un manifiesto acausal de un rector de la Universidad de Berlín y aquella constelación de actitudes que hizo que el medio ambiente intelectual de Weimar pareciese a los físicos teóricos tan hostil a su empresa.

A comienzos del año siguiente, el 17 de febrero de 1923, Planck dedicó toda una conferencia pública, de nuevo en la Academia Prusiana, a una reafirmación, totalmente inflexible y valerosa, de adhesión al principio de causalidad, no sólo en las ciencias naturales, sino también en las *Geisteswissenschaften* (Ciencias del espíritu)[212]. Planck sabía muy bien que en esta «violenta disputa» entorno a la causalidad, «que dividía a los intelectuales en dos bandos», uno el de la razón y otro el del sentimiento, la mayoría de su audiencia se encontraba dentro del último grupo, y que gran parte de lo que él decía les «provocaría», e incluso podría aparecer como «una blasfemia, tan despreciable como intolerable»[213]. A pesar de todo, siguió adelante para decir a su audiencia que «la suposición de la causalidad sin excepción, de un determinismo completo, constituye la presuposición y la precondición para el conocimiento científifco [*wissenschaftlich*]». Y anticipando precisamente los temas que iban a suscitar el principio de incertidumbre y la complementaridad, Planck sabía bien por adelantado qué posición adoptaría: «¿Pero tiene entonces sentido en absoluto —sin duda se puede preguntar uno ahora— continuar hablando de una interconexión causal definida cuando no hay nadie en el mundo que sea capaz de entender en realidad esa interconexión causal como tal?... Absolutamente... Ya que la causalidad es... transcendental, es totalmente independiente de la constitución del intelecto investigador, de hecho retendría su significado incluso en ausencia total de un sujeto pensante»[214].

---

[211] *Ibid.*, págs. 46-48.

[212] M. Planck, *Kausalgesetz und Willensfreiheit* (*op. cit.*, nota 18).

[213] *Ibid.*, págs. 140, 160. Ver nota 150.

[214] *Ibid.*, pág. 161. En su conferencia del 3 de agosto de 1914 (*op. cit.*, nota 158), págs. 78, 88-89, Planck había mantenido estas proposiciones de

De nuevo en el verano de 1923 Planck aprovechó la oportunidad que le ofrecía su contribución al número de *Die Naturwissenschaften,* dedicado a conmemorar el décimo aniversario del átomo de Bohr, para advertir a sus colegas en contra de esos «físicos eminentes» —no nombrados, por supuesto, pero que eran, evidentemente, Exner, Nernst, Schrödinger, y, sí, el propio Bohr— «que quieren conceder a los principios de la teoría clásica básicamente sólo un significado estadístico... Me parece, sin embargo, que una concepción tal yerra el tiro, aunque sólo sea porque con el abandono de la dinámica clásica simultáneamente socavan los cimientos de toda estadística racional»[215].

En este tema de la causalidad Planck y Einstein estaban de completo acuerdo, y su posición común frente a la creciente ola de sentimiento acausal contribuyó al mantenimiento de un estrecho vínculo personal entre estos dos hombres a pesar de la amplia divergencia existente en sus opiniones sociales y políticas. Escribiendo a Einstein el 22 de octubre de 1921, una semana después de la *Rektoratsrede* de Nernst, Planck, como presidente de la Gesellschaft deutscher Naturforscher und Arzte durante 1922, hacía un llamamiento al «fino sentido [de Einstein] para las interconexiones causales», y de esta manera consiguió superar la intención de Einstein de boicotear una organización que, creía, le había tratado vilmente el año anterior[216].

---

manera igualmente categórica, pero sin ninguna sugerencia de que sus opiniones no fuesen bien recibidas por su audiencia.

[215] M. Planck, «Die Bohrsche Atomtheorie», *Naturwiss., 11* (6 de julio de 1923, Bohr Heft), 535-537; reimpreso en Planck, *Physikalische Abhandlungen und Vorträge* (Braunschweig, 1958), *2*, 543-545. Nótese que, como Exner, Planck también confunde la validez de la dinámica clásica en el dominio atómico con la validez de la causalidad. Bohr se había asociado recientemente con «la opinión, que ha sido defendida desde diferentes lados, de que, en contraste con la descripción de los fenómenos naturales en la física clásica en donde es siempre únicamente una cuestión de resultados estadísticos de un gran número de procesos individuales, una descripción de los procesos atómicos en función de espacio y tiempo no puede llevarse a término en una forma libre de contradicciones debido al uso de concepciones prestadas de la electrodinámica clásica...» «Über die Anwendung der Quantentheorie auf den Atombau. I. Die Grundpostulate der Quantentheorie», *Zeitschr. f. Phys., 13* [ca. 1 de febrero de 1923], 117-165, en la 157; tradución inglesa en *Cambridge Philosophical Society, Proceedings* [1924], suplemento, 42 págs., en la 35). Fue, sin embargo, únicamente en 1924 cuando Bohr habló de «una descripción causal en el espacio y en el tiempo». (*Op. cit.,* nota 226, pág. 790). Hacia 1927, Bohr había dejado de considerar descripciones «causales» y descripciones en el «espacio-tiempo», como equivalentes, viéndolas, más bien, como «complementarias» (*Op. cit.*, nota 241).

[216] «No es su estilo, debido a su delicado instinto para la coherencia causal, el conceder una influencia decisiva en el caso de reflexiones objetivas a

Aparte de insistir en que el adjetivo «causal» ocupa un lugar eminente en sus definiciones del propósito y función de la actividad científica, Einstein no era dado a dogmatizar pública y popularmente sobre este tema [217]. Sus propios esfuerzos fueron dedicados a la búsqueda, en el aparato teórico de los campos de la relatividad general, de una solución super-causal al problema cuántico mediante sistemas sobredeterminados de ecuaciones diferenciales [218]. Recibía

estados de ánimo generales» *. Planck a Einstein, 22 de octubre de 1921, Einstein Collection, Institute for Advanced Study, Princeton. La experiencia de Nauheim, septiembre de 1920, había dejado mal sabor de boca a Einstein; no obstante accedió a pronunciar una de las conferencias principales en el siguiente congreso, aniversario del centenario, en Leipzig. Aquel verano, sin embargo, a raíz del asesinato de Rathenau, Einstein se sintió forzado a abandonar la vida pública, y, por un tiempo, también Alemania.

[217] Ver nota 147 y en el texto incluido allí; cf. Einstein «Das Kompton'sche Experiment. Ist die Wissenschaft um ihrer selbst willen da?» *Berliner Tageblatt,* 20 de abril de 1924, núm. 189, I Beiblatt (edición Readex Microfilm de las publicaciones de A. Einstein, núm. 147), en donde Einstein mantiene que la gran tarea educacional de la ciencia «se encuentra en despertar y mantener vivo el esfuerzo de un conocimiento causal de la totalidad» **. Dirigiéndose a una audiencia popular en junio de 1922 sobre «Nuevos resultados relativos a la naturaleza de la luz», *op. cit.* (nota 135), «para concluir Einstein expresó su opinión de que considerando los grandes avances en nuestro conocimiento de la naturaleza se puede confiar también en una futura solución de este problema, y en que la conciencia humana posee las capacidades [Voraussetzungen] necesarias para la comprensión de los procesos naturales».

[218] ¿Durante cuánto tiempo había estado Einstein siguiendo este programa? Russell McCormmach, «Einstein, Lorentz, and the Electron Theory», *Historical Studies in the Physical Sciences, 2* (1970), 41-88, especialmente 83-84, al suscitar el problema general de la conversión de Einstein al enfoque de campos, localiza tal reorientación en los años 1907-1909, y ve a Einstein buscando a partir de entonces «una teoría de campos con soluciones cuánticas, no una 'mecánica' cuántica». Las propias manifestaciones de Einstein en la década de 1920 relativas a su programa teórico-cuántico son bastante consistentes con esta temprana fecha. Así en enero de 1920 escribía a Born: «Creo ahora como antes [nach wie vor] que se debe buscar una sobredeterminación mediante ecuaciones diferenciales de manera que las *soluciones* ya no tengan el carácter de un continuo. ¿¿Pero cómo?? (*Briefwechsel*) [*op. cit.,* nota 14], pág. 43). Y de nuevo el 28 de junio de 1929, al recibir de manos de Planck la segunda Medalla Planck de la Sociedad Alemana de Física —la primera la había recibido el propio Planck—, Einstein daba a entender que ese *siempre* había sido y siempre sería su programa: «Existían dos ideas, especialmente, en torno a las cuales se agrupaban mis ardientes esfuerzos. La evolución del mundo [das Naturgeschehen] parece estar tan ampliamente determinada que no solamente el desarrollo temporal, sino incluso también el estado inicial está ampliamente restringido por ley. Creía que tenía que expresar esta idea encontrando sistemas sobredeterminados de ecuaciones diferenciales. El postulado de relatividad general, así como la hipótesis de una estructura

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. *(N. del T.)*

con gran entusiasmo cualquier programa —por ejemplo, el de Tetrode— para resolver el problema a base de apretar más que de aflojar las interconexiones causales, mientras que tomaba con gran frialdad y críticamente los esfuerzos en la dirección opuesta —por ejemplo, la teoría de Bohr, Kramers, Slater—[219]. Einstein estaba convencido, y tenía razón, de que sus camaradas físicos se estaban apresurando a aceptar un fracaso de la causalidad sin haber hecho ningún intento serio por explorar las posibilidades de una solución causal. Para dar publicidad a este punto, Einstein publicó en diciembre de 1923 un esbozo de su propio programa, a pesar del hecho de que esencialmente no había conseguido ningún progreso con él [220].

En conjunto, en el caso de que uno no estuviese informado del

---

unificada del espacio físico, o del campo, se tomaron para servir como guías en esta búsqueda. Ahí permanece la meta, inalcanzable. Y apenas se podía encontrar un camarada físico que compartiese mi esperanza de llegar por este camino a un entendimiento más profundo de la realidad. Lo que encontré en el tema de los cuantos son únicamente percepciones obtenidas por casualidad [Gelegenheitseinsichten] o, en cierta medida, fragmentos, que se rompían en el curso de mis infructuosos esfuerzos sobre el gran problema. Estoy ahora avergonzado de recibir por esto un honor tan grande.

»A pesar de que creo firmemente que no permaneceremos estancados en una subcausalidad, sino que más bien, a la postre, llegaremos incluso a una supercausalidad en el sentido indicado, no obstante admiro muchísimo las contribuciones de la joven generación de físicos que se agrupan bajo el nombre de 'mecánica cuántica', y creo en el profundo contenido de verdad de esta teoría; únicamente creo que la restricción a leyes estadísticas será solamente temporal». (Einstein, «Ansprache... an Prof. Planck», *Forschungen und Fortschritte*, 5 [1929], 248.)

219 Escribiendo a Paul Ehrenfest a últimos de agosto de 1922 (SHQP Microfilm núm. 1; la carta no está fechada), Einstein recomendaba «un trabajo muy imaginativo de Tetrode sobre el problema cuántico. Al menos por este trabajo muestra que es una cabeza de primer orden. Hace mucho tiempo que nada me había impresionado tanto» *. Para sus reacciones a la teoría de Bohr-Kramers-Slater: Martin J. Klein, «The First Phase of the Bohr-Einstein Dialogue», *Historial Studies in the Physical Sciences*, 2 (1971), 1-39, en las 32-33.

220 A. Einstein, «Bietet die Feldtheorie Möglichkeiten für die Lösung des Quantenproblems?», *Preuss, Akad. d. Wiss., phys.-math. Kl., Sitzungsber* (13 de diciembre de 1923), págs. 359-364, publicado el 15 de enero de 1924. Hay que decir, no obstante, que Einstein dio una impresión bastante diferente de los orígenes de su artículo y de sus intenciones al publicarlo, cuando lo mencionó a H. A. Lorentz, 25 de diciembre de 1923 (para la fuente ver la nota 114): «Veo la posibilidad de tratar los fenómenos cuánticos desde el punto de vista de la teoría de campos, abandonando las ecuaciones mecánicas. El comportamiento mecánico de los electrones (singularidades) debe ser obtenido mediante ecuaciones del campo sobredeterminadas. Desgraciadamente las dificultades matemáticas son muy grandes para mis fuerzas. He intentado por ello despertar el interés de los colegas mediante una corta disertación **.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** En alemán en el original. (*N. del T.*)

abrumador sentimiento anticausal existente en el medio intelectual de Weimar, y las presiones sociales a que estaba expuesto un físico que se presentase ante una audiencia universitaria de tipo general, uno se tendría que sorprender de que pocos físicos salieron en defensa de la causalidad, y se opusieron a sus colegas que estaban, de hecho, repudiando a la física como una empresa cognoscitiva. Parece razonable suponer, sin embargo, que aunque fueron pocos los que tuvieron el coraje de autocalificarse públicamente como deterministas, bastantes colegas de más edad e influencia hicieron saber con qué poco agrado observaban estas capitulaciones a las corrientes anticientíficas [221]. E intimidaciones de este tipo pudieron muy bien haber sido responsables del declive después de finales de 1921 en el número de manifiestos completos en contra de la causalidad a cargo de físicos.

5. *La situación* circa *1924*

Aunque el silencio público parece que fue impuesto de manera bastante efectiva —únicamente en 1929 permitió Schrödinger que su manifiesto fuese publicado, mientras que el de Reichenbach fue enterrado en las actas de la academia de Munich— la ola en contra de la causalidad no fue contenida. Hay numerosas indicaciones de que privadamente la cuestión continuó siendo «muy discutida» [222], y era

[221] Para indicaciones de esta aversión hacia las «polémicas» ver mi «Doublet Riddle» (*op. cit.*, nota 142), pág. 171.

[222] Wolfgang Pauli, «Quantentheorie», *Handbuch der Physik,* Band 23: *Quanten* (Berlín, 1926), pág. 11: el instante de la transición de un único átomo aislado «parece estar determinado, de acuerdo con el estado actual de nuestro conocimiento, únicamente por el azar. Es una cuestión muy discutida pero todavía sin decidir si tenemos que considerar esto como un fracaso radical de la descripción causal de la naturaleza, o solamente como una incompletitud temporal de la formulación teórica». (El artículo fue escrito en 1924-1925). Compárense los comentarios que H. A. Kramers añadió a este respecto a la traducción alemana de su descripción popular de la teoría de Bohr, originalmente escrita en danés juntamente con Helge Holst: Kramers planteó por primera vez la cuestión de si las leyes probabilistas tienen un mecanismo causal subyacente, o si «la ley de la causalidad física no tiene validez en realidad» *. Advertía entonces en contra de caracterizar a esta última concepción como una imposibilidad epistemológica, y añadió que «por el momento es ciertamente más bien una cuestión de gusto qué alternativa prefiere uno, y tal vez permanezca así para siempre. La elección efectiva afecta a los métodos de investigación física mucho menos de lo que al principio uno tal vez quisiera creer». (*Das Atom und die Bohr'sche Theorie seines Baues* [Berlín, 1925], pág. 139. El prefacio está fechado en marzo de 1925.)

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

la impresión de un observador contemporáneo que con «cada vez mayor frecuencia» uno se encontraría con considerable simpatía por, y más o menos explícitas confesiones de creencia en, la acausalidad [223]. Mientras que en 1922 Friedrich Poske únicamente estaba sorprendido por la renuncia de Nernst a la causalidad, un año más tarde «recomendaba calurosamente» la segunda edición de las conferencias de Exner [224].

Y buscando las raíces de este relativamente poco dramático, pero bastante definido distanciamiento de la causalidad *circa* 1924, uno puede finalmente señalar recientes desarrollos específicos en la física atómica. Ya que, como discutí en la sección II.4, en 1923 y 1924, los físicos atómicos se estaban convenciendo de la fundamental falta de adecuación de la teoría cuántica del átomo existente —que suponía que la mecánica clásica era válida para movimientos dentro de los estados estacionarios— y estaban comenzando a dudar de la realidad de los modelos atómicos visualizables a los que se había aplicado aquella teoría. Argumenté antes que el medio ambiente intelectual de Weimar facilitó, como poco, la aparición de una convicción generalizada de una crisis de la vieja teoría cuántica e hice hincapié en lo adecuado que de hecho era, desde el punto de vista de una adaptación al medio ambiente intelectual, el diagnóstico principal —«el fracaso de la mecánica»—. Pero aunque gran parte de esta crisis y agrupamiento se debían precisamente a las mismas corrientes intelectuales que estaban conduciendo la reacción en contra de la causalidad, para nuestra discusión el hecho importante es que en este momento los movimientos antimecánicos y anticausales se fundieron entre sí, reforzándose el uno al otro. La confluencia y

---

[223] A. Gatterer, *op. cit.* (nota 146), pág. 47; también pág. 36. Aunque parece que Nernst se abstuvo de publicar más sobre el tema, no permaneció totalmente callado. El 11 de febrero de 1925 pronunció una de aquellas conferencias populares para miembros profanos de la Kaiser Wilhelm Gesellschaft que se «suponía servían para darles una visión del trabajo científico de los institutos», bajo el título «Ley de causalidad y nueva investigación de la naturaleza» *. Fue mencionada en el *Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Arzte,* 2 (abril, 1925), 10.

[224] F. Poske, *Zeitschr. f. den physikal, u. chem. Unterricht, 35* (julio, 1922), 188-189, hacía hincapié en que el paralelo que establecía Nernst entre relajamiento del principio causal y «ciertas doctrinas teológicas... deja claro lo estremecedora [earth-shattering] que, si fuera aceptada, tendría que ser su concepción para la totalidad del *Weltanschauung*». En marzo de 1923 Poske, *ibid., 36,* 133-134, simplemente describía la postura tomada en el «especialmente notable» capítulo final de Exner, señalando que «esta concepción está estrechamente ligada a otras opiniones recientemente expresadas, según las cuales el papel de la ley de causalidad ha sido agotado, y el azar acausal gobierna».

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

sinergia de estos movimientos aparecen tanto más inteligibles si se recuerda la tendencia persistente, puesta de manifiesto por figuras tan diversas como Exner y Planck, en confundir y mezclar la validez de las leyes de la mecánica clásica y la validez de la ley de causalidad.

Ahora, finalmente, después de todas estas tomas de postura delante de audiencias populares, nos encontramos con los primeros intentos de *hacer* un poco de física acausal. Los primeros esfuerzos en este sentido se los debemos, muy apropiadamente, a un cuasi-chiflado, Hans Albrecht Senftleben. El programa propuesto en su artículo «Sobre los fundamentos de la 'Teoría Cuántica'», de noviembre de 1923, incluye postulados tan prescientes como que los «fenómenos naturales se deben considerar generalmente como efectos estadísticos de totalidades de procesos moleculares elementales que no están sujetos al requisito de la causalidad», y que la «constante de Planck *h* limita en principio la posibilidad de describir un proceso en el espacio y en el tiempo con precisión arbitraria». Además, Senftleben no fue ignorado completamente[225].

Pero en lo que se refiere a la atención recibida, pocos artículos pueden compararse con el que publicaron Bohr, Kramers y Slater en la primavera de 1924. En enero, John Clarke Slater, recién salido de los dos Cambridges, había llevado a Copenhague una semi-determinista imagen espacio-temporal de cuantos de luz viajando a lo largo del vector de Poynting de un campo de radiación virtual que —y esto era nuevo— Slater suponía que era emitido continuamente por los átomos mientras permanecían en estados estacionarios. «Cuando esta idea fue presentada al profesor Bohr y al doctor Kramers», recordaba Slater no mucho después, «señalaron que las ventajas de este aspecto esencial se mantendrían, aunque se rechazase la teoría corpuscular, utilizando el campo para inducir una probabilidad de transición en lugar de para guiar los cuantos corpusculares... Ante esta sugerencia, me llegué a persuadir de que la simplicidad de mecanismo obtenida rechazando una teoría corpuscular compensaba con creces la pérdida involucrada en el abandono de la conservación de la energía y de la causalidad racional [*nota bene*], y el artículo... fue escrito»[226]. Y es, me parece, solamente por referencia al extendido

[225] H. A. Senftleben, «Zur Grundlegung der 'Quantentheorie'», *Zeitschr. f. Phys.*, 22 (marzo de 1924), 127-156, recibido el 13 de noviembre de 1923. Citas de las págs. 129-131.

Kis, *op. cit.* (nota 146), discutía a Senftleben muy seriamente. En el verano de 1924 Kramers le visitó en un sanatorio de Dinamarca. (Cartas a Bohr y Kramers del 23 de agosto y 8 de octubre de 1924 en el Archive for History of Quantum Physics).

[226] N. Bohr, H. A. Kramers y J. C. Slater, «Über die Quantentheorie der Strahlung», *Zeitschr. f. Phys.*, *24* (ca. 20 de mayo de 1924), 69-87, recibido el

sentimiento acausal cómo uno puede comprender el inmediato y amplio asentimiento con el que fue recibida la teoría en Alemania, a pesar de que de hecho no era una teoría en realidad sino más bien una vaga sugerencia de cómo, renunciando a la causalidad, se podía intentar dar una descripción «formal» de la interacción entre átomos y radiación [227].

Es evidente que el mismo sentimiento esencialmente moral que subyacía en el rechazo de la causalidad por parte de Schrödinger predominaba en su respuesta a Bohr, Kramer y Slater. Habiendo demostrado que la concepción de la conservación estadística de la energía de «Exner-Bohr» implica un recorrido aleatorio libre del contenido de energía de un sistema cerrado, Schrödinger *no* concluyó que la teoría es imposible, sino más bien, «agarrándose a ella con ambas manos», vio en ella una demostración de que «una cierta estabili-

---

22 de febrero de 1924, fechado enero de 1924. La publicación del artículo fue retrasada probablemente para que no apareciese antes que la versión inglesa en el número de mayo del *Philosophical Magazine, 47* (1924), 785-802. J. C. Slater, «The Nature of Radiation», *Nature, 116* (1925), 278, fechado el 25 de julio de 1925; citado por Van der Waerden, *op. cit.* (nota 144), págs. 13-14, que también reproduce «On the Quantum Theory of Radiation», págs. 159-176. La muy auténtica diferencia entre la noción original de Slater y el punto de vista al que le persuadieron Bohr y Kramers sugiere una distinción entre enfoques *probabilista* y *acausal*. Así, los planteamientos tipo campo-guía al problema de los cuantos de luz, que había sido habitual durante mucho tiempo, y la sugerencia de De Broglie de una onda como un campo guía para partículas materiales, fueron probabilísticos, pero únicamente imponiendo de manera anacrónica el principio de incertidumbre de Heisenberg puede uno decir que abandonaron la causalidad. Sus proponentes *no* supusieron que fuese imposible el ir más allá de estas probabilidades hasta los determinantes de lo sucesos individuales. Una teoría *acausal* es, por el contrario, una que excluye por adelantado esta posibilidad. Así, la interpretación de Bohr-Kramers-Slater se formó a partir de la propuesta original de Slater excluyendo en principio la «causalidad racional» en la interación de los átomos y la radiación. Este rasgo se hizo entonces más aceptable haciendo hincapié en el «carácter formal» de su descripción de la interacción, en contraste, se puede añadir, con la imagen «física» de Slater.

[227] Interesante por su testimonio de la extensión y fuerza de creencia que la «teoría» recibió en Alemania —y por mucho más— es W. Pauli a H. A. Kramers, 27 de julio de 1925 (Archive for History of Quantum Physics, SHOP Microfilm núm. 8, sección 9): haciendo hincapié en que no quiere que se le confunda con uno de los «auténticos creyentes», «considero una gran suerte que la interpretación de Bohr, Kramers y Slater haya sido refutada tan rápidamente gracias a los bellos experimentos de Geiger y Bothe, así como por los de Compton que aparecerán en breve. Es, ciertamente, correcto que el propio Bohr no hubiera mantenido esta interpretación aunque los experimentos no hubiesen sido realizados. Pero muchos físicos distinguidos (como, por ejemplo, Ladenburg, Mie, Born) la habrían mantenido, ¡y esta desgraciada disertación de Bohr, Kramers y Slater se hubiese convertido durante mucho tiempo en un obstáculo para el progreso de la física teórica!» *.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

dad en la evolución del mundo *sub specie aeternitatis* sólo puede subsistir mediante una *interconexión* de cada sistema individual con el resto del mundo...» «¿Es un juego con ideas», preguntaba Schrödinger irónicamente, «si uno se ve sorprendido, con relación a esto, por la similaridad con los fenómenos sociales, éticos y culturales?». Claramente Schrödinger pensaba que, efectivamente, uno debería sorprenderse, y que tal reconocimiento debería ser decisivo [228].

6. *El último baluarte de la causalidad, 1925-1926*

Nos estamos acercando ahora al final del desarrollo que he estado intentando describir, esto es, al nacimiento de un deseo de creer que la causalidad no se obtiene en el nivel atómico *antes* de la invención de una mecánica cuántica acausal. Con la introducción de la mecánica de matrices de Heisenberg en el otoño de 1925 y de la mecánica ondulatoria de Schrödinger en la primavera de 1926, los físicos se dieron cuenta de manera relativamente rápida que aquella creencia ya no tenía que reposar principalmente en consideraciones éticas o involucrar una renuncia puramente gratuita a la posibilidad del conocimiento exacto de los procesos atómicos. Las bases para argumento y creencia se habían alterado substancialmente. No intentaré tratar aquí la creciente toma de conciencia de esta nueva situación, sino únicamente hacer hincapié una vez más en lo conscientes que fueron los físicos del hecho de que estaban actuando ante una audiencia hostil a la causalidad = mecanismo = racionalismo, y lo ansiosos que muchos estaban por adular a aquella audiencia.

No todos, sin embargo, lo hicieron. Durante este período fue Wilhem Wien quien asumió de nuevo el papel de campeón de la causalidad. En enero de 1925 había llevado su caso al público general a través de las páginas del *Illustrierte Zeitung*, de Leipzig, en donde

[228] E. Schrödinger, «Bohrs neue Strahlungshypothese und der Energiesatz», *Naturwiss.*, *12* (5 de septiembre de 1924), 720-724. Schrödinger, peculiarmente, parece haber visto en la propuesta de Bohr-Kramers-Slater un intento de liberar a la teoría cuántica de discontinuidades, una meta que él entonces perseguía en y a través de la mecánica ondulatoria que comenzó a desarrollar a finales de 1925 en base a las ideas de De Broglie. Escribiendo a Wilhelm Wien el 18 de junio de 1926, Schrödinger hacía notar: «Parece que en este momento no se tiene la convicción de que debe saludarse necesariamente un abandono de las discontinuidades fundamentales, si con esto la cosa marcha. He deseado siempre con pasión que esto fuese posible, y lo habría acogido con entusiasmo —como saludo a Bohr-Kramers-Slater— si el azar no me hubiese jugado la primera pasada (en atención a De Broglie debo decir más correctamente: la segunda)» * (Archive for History of Quantum Physics).

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

su negación de que la teoría cuántica ha conducido, conducirá o podría conducir a un abandono de la ley de causalidad se abría paso entre imágenes de reuniones de gabinete y catástrofes, bailes de ópera y vestidos de carnaval. «La noción de que la naturaleza es comprensible... es idéntica a la convicción de que todos los procesos naturales pueden reducirse a la causalidad, a leyes naturales invariablemente válidas». De todas las nociones puramente filosóficas ha sido el concepto de causalidad el que ha tenido el mayor impacto en el desarrollo de la humanidad. Es responsable de la eliminación de la superstición, de la ciencia natural moderna y de las revoluciones en la tecnología y la industria (*nota bene,* la audiencia no era universitaria). Aunque el problema de la interacción de átomos y radiación «ha llevado a toda la física teórica a una crisis que la ocupará durante mucho tiempo», la forma actual de la teoría cuántica solamente puede ser transitoria, ya que «una estadística sin un fundamento causal nunca será reconocida por la física como algo definitivo» [229].

Durante el año académico 1925-1926, Wien explotó completamente la plataforma que le proporcionaba ser rector de la Universidad de Munich, manifestándose claramente en defensa de la causalidad en sus dos discursos oficiales [230]. Aunque su conferencia inaugural de noviembre de 1925 no contenía ninguna referencia a la situación reinante en la física, Wien, no obstante, aprovechó la oportunidad, como vimos en la sección I.1, para reafirmar la importancia histórica de la causalidad, igualándola una vez más con la convicción de que la naturaleza puede ser comprendida con la

[229] W. Wien, «Kausalität und Statistik», *Illustrieste Zeitung* (Leipzig), número 4.169 (febrero, 1925), págs. 192, 194, 196. Max Planck no estaba callado en absoluto: «Physikalische Gesetzlichkeit im Lichte neuerer Forschung», *Vorträge und Erinnerungen* (Stuttgart, 1949), págs. 183-205, especialmente págs. 184, 194-196; también reimpreso en Planck, *Physikalische Abhandlungen* (Braunschweig, 1958), *3,* 159-171. Esta conferencia fue pronunciada el 14 de febrero de 1926 en Dusseldorf, y de nuevo el 17 de febrero en el Auditorium Maximum de la Universidad de Berlín. (*Forschungen und Fortschritte, 2* [15 de marzo de 1926], 50).

[230] W. Wien, *Universalität und Einzelforschung. Rektorats-Antrittsrede gehalten am 28. November 1925,* Münchener Universitätsreden, Helft 5 (Munich, 1926), 19 págs.; *Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Physik. Rede gehalten beim Stiftungsfest der Universität München am 19. Juni. 1926,* Münchener Universitätsreden, Heft 7 (Munich, 1926),), 18 págs. En su otra conferencia académica publicada, *Goethe und die Physik. Vortrag gehalten in der Münchener Universität am 9. Mai 1923* (Leipzig, 1923), 39 págs., en la pág. 5, Wien había señalado su fidelidad a la causalidad: «Acostumbrados a buscar la ley de causalidad en todas partes, los físicos se toman, una y otra vez, grandes molestias para descubrir las razones que llevaron a Goethe a su actitud poco favorable hacia la física».

fuerza lógica del intelecto humano, y después pasar a criticar a Langbehn, Chamberlain y Spengler por sus antirracionalismos y pesimismos. El tono ligeramente equívoco de su conferencia había desaparecido, sin embargo, completamente en junio de 1926 cuando, hacia el final de su período como rector, Wien habló en las ceremonias anuales del día del fundador sobre «El pasado, presente y futuro de la física», o, más apropiadamente, acerca de la causalidad en el pasado, presente y futuro de la física. El tema aparece por primera vez en la página 4 del texto publicado como la capacidad del intelecto humano para captar la causalidad de los procesos naturales, continúa en las páginas 6-8, en donde hace hincapié en que, incluso cuando las leyes son estadísticas, la causalidad debe reinar en el nivel de los procesos elementales, y alcanza su clímax en las páginas 10 y 11, en donde Bohr es atacado directamente y por nombre.

Se debe recordar aquí que, apoyándose en parte en el descubrimiento de Heisenberg de una forma de hacer física atómica mientras se renuncia a la meta de una imagen detallada de los movimientos y mecanismos intra-atómicos, Bohr había estado expresando recientemente de manera mucho más clara y categórica su esperanza y creencia de que tales imágenes eran en principio imposibles, que la física se enfrentaba «con una quiebra esencial de las imágenes en el espacio y en el tiempo sobre las que se había basado hasta entonces la descripción de los fenómenos naturales» [231]. Citando estas palabras, Wien pretendía de esta manera reprender y silenciar a Bohr y a todos aquellos de convicciones parecidas con el mismo requerimiento de auto-censura que Planck había introducido con tanto éxito en 1922: «Los físicos siempre han mostrado abiertamente ante todo el mundo las dificultades con que se tenían que enfrentar... Pero debemos ser muy cuidadosos con declaraciones cuyo significado se extiende mucho más allá de los límites del área de la física.» Y Wien pasaba entonces a afirmar en los términos más fuertes que no existe campo físico que esté cerrado a nuestra comprensión, y que los físicos no descansarán hasta que hayan sometido a los procesos atómicos a la ley de causalidad [232].

[231] W. Heisenberg, *op. cit.* (nota 144). N. Bohr, «Atomic Theory and Mechanics», conferencia en el VI Congreso de Matemáticos Escandinavos, 31 de agosto de 1925, y revisado antes de su publicación en *Nature, 116* (5 de diciembre de 1925), 845-852; reimpreso en Bohr, *Atomic Theory and the Description of Nature* (Cambridge, 1934), págs. 25-51; cita de las págs. 34-35. El texto alemán «Atomtheorie und Mechanik» apareció en *Naturwiss., 14* (enero de 1926), 1-10.

[232] W. Wien, *Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Physik,* (*op. cit.*, nota 230), pág. 10. Cf. nota 221..

En este punto, habiendo tratado de Bohr y de la causalidad, Wien giraba hacia su colega, el profesor de física teórica, Arnold Sommerfeld —sin, por supuesto, nombrarle—. Aunque Wien había adaptado fácilmente sus justificaciones de hacer física a los cambiantes valores públicos, no obstante se había preocupado de proteger a la propia empresa de la influencia del medio cultural de Weimar. La «Atomystik» de Sommerfeld, por el contrario, disfrazada para el público con armonías numéricas pitagóricas y misterios numéricos, no era meramente un intento de utilizar la teoría cuántica para adular al ambiente antirracionalista, sino que representaba un programa de investigación real. «El misticismo numérico», deseaba y esperaba Wien, «será suplantado por la fría lógica del pensamiento físico; probablemente no para alegría de todos. Ya que el misticismo a menudo ejerce sobre muchas mentes una fuerza de atracción mayor que el frío y sobrio modo físico de pensamiento. Está lejos de mi intención el atacar al misticismo como tal. Existen muchas áreas de la vida del alma de las que no se puede excluir el misticismo; pero no pertenece a la física. Una física en la que gobierna, o incluso colabora, el misticismo, renuncia a la base de la que extrae su fuerza, y deja de merecer su nombre». Wien concluía entonces su conferencia reafirmando, una vez más, su confianza en que «seguirá siendo posible comprender las interconexiones causales de los procesos naturales», sugiriendo que aquellos que expresan dudas en este punto es simplemente porque están agotados mentalmente, y tal vez también porque se sienten inclinados a escuchar con atención palabras pesimistas sobre el *Untergang des Abendlandes* o el *Zusammenbruch des Naturwissenschaft* * [233].

La confianza y correspondiente agresividad con la que Wien se manifestaba en el tema de la causalidad en la primavera de 1926 se derivaban principalmente de los artículos de Erwin Schrödinger sobre la mecánica ondulatoria que Wien estaba publicando entonces en su revista, los *Annalen der Physik*. Habiendo repudiado la causalidad por razones socio-éticas en 1922-1924, hacia la prima-

---

* Ruptura total de la ciencia. *(N. del T.)*

[233] *Ibid.*, págs. 15, 18. Podemos tal vez interpretar esto como una velada alusión a la depresión que Bohr sufrió en 1921 y que a menudo amenazó con reaparecer. La hostilidad de Wien hacia la «Atomystik» de Sommerfeld y su agresividad debida a la confianza en la mecánica ondulatoria de Schrödinger está corroborada en las recientes memorias de Heisenberg, *Der Teil und das Ganze: Gespräche im Umkreis der Atomphysik* (Munich, 1969), traducido [a menudo de manera bastante inexacta] como *Physics and Beyond: Encounters and Conversations* (Nueva York, 1971), págs. 104-105, y 72-73, respectivamente.

vera de 1925 Schrödinger se había convertido de nuevo a la causalidad, por lo que muy probablemente eran razones políticas personales[234]. Ahora concebía y desarrollaba la mecánica ondulatoria como una descripción espacio-temporal causal de los procesos atómicos, en oposición a la mecánica de matrices de Copenhague y Gotinga. Aceptar su afirmación de que tal descripción no es posible «sería equivalente a una rendición completa». Ya que, argumentaba Schrödinger en febrero de 1926, en su segundo artículo, «nosotros no podemos cambiar realmente las formas de pensamiento, y lo que no se puede entender dentro de ellas no se puede entender en absoluto. Tales cosas existen —pero no creo que la estructura del átomo sea uno de ellas—»[235].

Pero precisamente en aquel momento de junio de 1926, en el que Wien, equipado con la teoría de Schrödinger, estaba manifestándose tan vigorosamente, la anticipada victoria se estaba transformando en derrota con la interpretación estadística de Max Born de la función de onda, que instalaba el abandono de la causalidad justo en los cimiento de la mecánica ondulatoria[236]. «El estado

[234] V. V. Raman y Paul Forman, «Why Was It Schrödinger Who Developed de Broglie's Ideas?» *Historical Studies in the Physical Sciences, 1* (1969), 291-314. Una colección de diecisiete cartas de Schrödinger a W. Wien, diciembre 1925-noviembre 1927, que ha salido a la luz recientemente, refuerza el punto de vista avanzado en aquella publicación. Xerocopias de estas cartas han sido depositadas en el Archive for History of Quantum Physics.

[235] E. Schrödinger, «Quantisierung als Eigenwertproblem (Zweite Mitteilung)», *Ann. d. Phys., 79* (abril 1926), 489-527, reimpreso en Schrödinger, *Die Wellenmechanik,* Dokumente der Naturwissenschaft, Abteilung Physik, Band 3, ed. Armin Hermann (Stuttgart, 1963), págs. 25-63; en las 509 y 45, respectivamente. Una traducción, parcial y ocasionalmente bastante errónea, está incluida en Gunther Ludwig, *Wave Mechanics, Selected Readings in Physics,* ed. D. ter Haar (Oxford, 1968), págs. 106-126, en las 120-121.

El 25 de agosto de 1926, Schrödinger escribía W. Wien que: «Ya no deseo suponer con Born, que tal suceso aislado es 'absolutamente azaroso', esto es, completamente indeterminado. En la actualidad no creo que se gane gran cosa con esta interpretación (por la que abogué vivamente hace cuatro años)... Rechazo *ab limine* el punto de vista de Bohr, por el cual una descripción espacio-temporal es imposible. La física no consta sólo de investigación atómica, la ciencia tan sólo de física, y la vida únicamente de ciencia. El objetivo de la investigación atómica es encuadrar nuestras experiencias referentes a ella en nuestro pensamiento habitual. Este pensamiento completamente usual se mueve, en lo que al mundo exterior se refiere, en el espacio y en el tiempo» * (Archive for History of Quantum Physics). Se encuentra uno así, una vez más (cf. nota 228), la insistente demanda de Schrödinger de que los puntos de vista científicos se ajusten a los puntos de vista del mundo.

[236] Max Born, *Zur statistischen Deutung der Quantentheorie,* Dok. der Naturwiss., Abt. Physik, Bd. 1, ed. Armin Hermann (Stuttgart, 1962).

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

real del asunto», declaraba Heisenberg en la primavera de 1927, «se puede caracterizar de esta manera: Dado que todos los experimentos están sujetos a las leyes de la mecánica cuántica, ... la mecánica cuántica establece definitivamente el hecho de que la ley de la causalidad no es válida» [237]. Y una vez más, cuando uno ve lo rápidamente que los físicos aceptaron esta ruptura de la causalidad no meramente como un rasgo definitivo de la teoría, sino asimismo de la realidad, difícilmente se puede evitar concluir que tal resultado, lejos de ser lamentado, fue acogido con alivio y satisfacción. Los físicos atómicos habían cumplido con la obligación que Nernst —y su medio socio-intelectual— habían puesto ante ellos.

Esa conclusión, sin duda, también viene sugerida por la ansiedad general de los físicos por llevar las buenas noticias al público educado —Heisenberg publicó un artículo popular divulgando sus conclusiones incluso antes de que su artículo «técnico» fuese publicado— [238], pero también por los términos en que presentaron es-

---

[237] W. Heisenberg, «Über den anschaulichen Inhalt...» *(op. cit.,* nota 196), pág. 197, recibido el 23 de marzo de 1927. Uno año antes Senftleben, *Physikal. Berichte 7* (abril 1926), 520, había señalado el artículo en el que Heisenberg iniciaba la mecánica de matrices *(op. cit.,* nota 144), como un ejemplo de la reciente tendencia de aceptar «en un cierto grado» el punto de vista que él había avanzado en 1923 *(op. cit.,* nota 225). Presumiblemente Senftleben habría considerado el principio de indeterminación que ahora proponía Heisenberg como meramente la consumación de aquel proceso de aceptación de sus propios puntos de vista.

[238] W. Heisenberg, «Über die Grundprinzipien der 'Quantenmechanik», *Forschungen und Fortschritte, 3* (10 de abril de 1927), 83: «Así, mediante el nuevo desarrollo de la física atómica, parece establecida definitivamente la invalidez o en cualquier caso lo superfluo de la ley de causalidad» *. Desde una perspectiva biográfica, este entusiasmo no es sorprendente. Heisenberg insiste repetidamente en sus Memorias (*op. cit.,* nota 233) que cuando comenzó a estudiar física teórica en la Universidad de Munich en el otoño de 1920, había estado participando activamente desde hacía algunos años en la *Jugendbewegung* ** alemana, y que continuó haciéndolo durante varios años después. Aunque Heisenberg da una idea deliberadamente vaga sobre la organización particular dentro del políticamente variado movimiento juvenil al que perteneció —W. Z. Laquer afirma que Heisenberg era un *Weisser Ritter* ***, y las siguientes observaciones son especialmente aplicables a este grupo generalmente de derechas— la orientación intelectual del movimiento en su conjunto ha sido bien caracterizado por Theodor Wilhelm: «la *Jugendbewegung* está firme y profundamente inmersa en aquella glorificación de la vida indivisible, que fue cantada por Nietzsche, sistematizada en la *Lebensphilosophie* de comienzos de siglo, parafraseada por los movimientos reformistas en arte y pedagogía, y de la que el movimiento de Hitler, también, se benefició

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

** Movimiento juvenil. *(N. del T.)*

*** Caballero blanco. *(N. del T.)*

tas felices informaciones. En una conferencia pública en la Universidad de Hamburgo, a primeros de 1927, Arnold Sommerfeld suscitó «la cuestión que tanto se discute estos días, de si el rígido modelo [starre Form] de la causalidad que hemos heredado del siglo XVIII» —léase ilustración, utilitarismo, materialismo, etc.— «y de la racionalista ciencia de la mecánica, es apropiado para nuestro cuerpo de experiencia actual» [239]. Y cuando la pregunta se plantea

---

a su manera». De hecho, fueron los antagonistas más radicales de las ciencias exactas entre los Lebensphilosophen vulgares —Ludwig Klages, Hermann Keyserling, Rudolf Steiner— los que tuvieron más seguidores y ejercieron la mayor influencia dentro de la *Jugendbewegung*. Laquer cita al jefe encargado de la oficina para aconsejar a los miembros de la organización juvenil en la elección de carrera —no importa que fuese un comunista— sosteniendo en noviembre de 1918 que algunas profesiones no tenían «ningún valor para nuestra futura comunidad y para sus planes de conquistar el mundo»; encabezando aquella lista estaba, naturalmente, la física, seguida de la química, medicina e ingeniería.

Aunque nunca se permitió que esta orientación apareciese explícitamente en las memorias de Heisenberg, se puede leer entre líneas. Así, Heisenberg se representa a sí mismo (págs. 19, 27) como obligado a defender su decisión de hacer una carrera en física teórica —que, es interesante señalar, él argumenta haberlo hecho en base a que la física teórica— ha «suscitado problemas que desafían a toda la base filosófica de la ciencia, la estructura del espacio y el tiempo, e incluso la validez de las leyes causales». Rechazando elegir entre la física teórica y la *Jugendbewegung*, durante sus dos primeros años en la Universidad Heisenberg se dividió entre «dos mundos bastantes diferentes... Ambos mundos estaban tan llenos de intensa actividad que a menudo me encontraba en un estado de gran agitación, tanto más en cuanto que encontraba difícil el enlazar los dos». La naturaleza e intensidad de esta agitación se hace más clara si uno recuerda, por una parte, que las organizaciones de movimientos juveniles del período de Weimar, las *Bunde*, al contrario que las organizaciones actuales o que las anglosajonas, exigían una entrega total —como Theodor Wilhelm dice, «identificándose totalmente con la organización [Bund]» *— y también indica, por otra parte, que el instructor de Heisenberg en su segundo mundo, Wolfgang Pauli, era el auténtico compendio de todo aquello que el movimiento juvenil destestaba: nada atlético, hedonista, indiferente a la naturaleza, adicto a la vida urbana nocturna, sarcástico, cínico, críticamente incisivo, y judío por añadidura (Walter Z. Laquer, *Young Germany: A History of the German Youth Movement* [Nueva York, 1962], páginas 34, 102, 116, 141; Theodor Wilhelm y Wilhelm Ehmer en Werner Kindt, ed., *Grundschriften der deutschen Jugendbewegung* [Düsseldorf-Köln, 1963], págs. 12, 232.)

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

[239] A. Sommerfeld, «Zum gegenwärtigen Stande der Atomphysik. Vortrag, gehalten auf Einladung der naturwissenschaftlichen Fakultät zu Hamburg», *Physikalische Zeitschr.*, *28* (1927), 231-239, recibido el 18 de febrero de 1927, reimpreso en Sommerfeld, *Gesammelte Schriften* (Braunschweig, 1968), *4*, 584-592, en la 588. En el período premecánico cuántico, también, aunque no estando nunca dispuesto a renunciar a la determinación completa y única de los procesos físicos, tampoco pudo Sommerfeld resistir la tentación de adular los sentimientos anticausales de una audiencia popular. Así, al hablar en una

de esta manera no existe duda acerca de la respuesta que su audiencia deseaba oír. O de nuevo, considérense los términos en que Max Born discutía la misma cuestión en el *Vossische Zeitung*, el intelectual periódico liberal de Berlín, en la primavera de 1928. Después de definir causalidad como determinismo, y de añadir que todas las leyes previas de la física tuvieron esa característica, Born señalaba que «tal concepción de la naturaleza es determinista y mecanicista. No existe en ella lugar para libertad de ningún tipo, ya sea de la voluntad o de un poder superior. Y es eso lo que hace que este punto de vista sea tan valorado por todos los "buenos racionalistas"». Pero felizmente la física ha descubierto ahora nuevas leyes que le dan un carácter enteramente diferente [240]. Ese carácter, según Bohr

---

sesión general en el Innsbruck Naturforscherversammlung, en septiembre de 1924, ignoró el uso de las probabilidades de transición, el artículo de Bohr-Kramers-Slater, etc., sin hacer ningún comentario, pero tomó la estructura de las fórmulas semiempíricas para las intensidades relativas de las líneas espectrales como la ocasión para suscitar la posibilidad de una «transformación teleológica de la causalidad» *. Sommerfeld, «Grundlagen der Quantentheorie und des Bohrschen Atommodelles», *Naturwiss.*, *12* (21 de noviembre de 1924), 1047-1049; *Ges. Schr.*, *4*, 535-543. Cf. nota 31 y texto allí incluido.

* En alemán en el original. *(N. del T.)*

[240] M. Born, *Vossische Zeitung*, 12 de abril de 1928, tal y como es citado con amplitud por H. Bergmann, *Der Kampf um das Kausalgesetz* (*op. cit.*, nota 146), págs. 34-37. Born está haciendo una recensión de la obra de Emanuel Lasker, *Die Kultur in Gefahr* (Berlín 1928), 64 págs. Lasker, bastante provocado él mismo por los físicos profesionales con respecto a la teoría de la relatividad, adoptó un tono muy provocativo: «El viejo axioma 'de la nada, nada sale' se refuta por el nuevo descubrimiento de que el principio de causalidad no es válido. Es difícil decir de quién vino la genial noción. Inspirados por el espíritu de la edad de *c* [la velocidad de la luz] los profetas de la nueva doctrina tuvieron esta brillante idea que está destinada a hacer historia mundial. Durante mucho tiempo creció en secreto, siendo cuidadosamente pesada y considerada, hasta que ha celebrado ahora, en el *Handbuch der Philosophie* [esto es, Weyl, *op. cit.*, nota 177], su entrada en el dominio de la ciencia... El nuevo resultado consiste en lo siguiente: en la física y en la química el principio de causalidad se cumple únicamente de manera probable. La vieja idea de la necesidad, inambigüedad y regularidad de las leyes de la naturaleza es ridícula. El modelo para una ley de la naturaleza es la lotería. Hasta nuevo aviso. Depende de lo que nosotros decidamos. Creemos en principio en el poder del experimento. Nuestro consejo decide el significado del experimento —por decisión mayoritaria...—. Desgraciadamente existen unos pocos experimentalistas que no comprenden el significado de sus propios experimentos. Son los que todavía luchan por el punto de vista antiguo, pasado de moda. ¡Hábitos rígidos de pensamiento! La interpretación de un experimento está reservada únicamente para aquellos que comprenden los experimentos y que tienen al mismo tiempo una imaginación de altos vuelos, que abarca el mundo. La opinión de los que no satisfacen estas dos condiciones no cuenta. El físico que se contenta con medir continúa siendo un artesano. Se convierte en artista únicamente cuando también es un filósofo. A su vez el filósofo es des-

había afirmado repetidamente en sus conferencias en Como y en el Congreso Solvay del otoño anterior, es una «'irracionalidad' inherente»; de hecho, «la inevitabilidad del rasgo de irracionalidad que caracteriza al postulado cuántico» fue aceptada de buena gana por Bohr, que no había demostrado simpatía por el intento de Schrödinger «por eliminar el elemento irracional expresado en el postulado cuántico»[241].

Es cierto que el propio Sommerfeld, incluso cuando suscitaba la cuestión «del rígido modelo de la causalidad», hacía hincapié en que no era su propósito el poner en tela de juicio «la precisión tipo ley de los procesos físicos», y de hecho en otra parte, como vimos en la sección I.1, estaba en aquel momento escribiendo en contra de las formas menos académicas de la reacción romántica contemporánea. Pero me parece que esta circunstancia solamente fortalece la inferencia de que una mecánica cuántica acausal fue particularmente bienvenida por los físicos alemanes debido a la irresistible oportunidad que ofrecía para mejorar su imagen pública. Ahora ya podían ellos polemizar también en contra del rígido, racionalista concepto de causalidad y esperar recobrar el prestigio perdido por este motivo.

7. *Conclusión*

En una entrevista con Einstein en 1932, James Gardner Murphy, un hombre de letras irlandés con amplias relaciones entre los físicos teóricos alemanes, señalaba que «es ahora la moda en las ciencias físicas el atribuir algo como libre albedrío incluso a los

preciable si no es caracterizado como un físico experimental. Al único que se le permite interpretar y evaluar experimentos es al físico-filósofo... El verdadero instrumento del físico-filósofo es la iluminación... Estamos dispuestos a debatir con cualquiera que sea al mismo tiempo físico y filósofo y que acepte nuestros métodos. Debatir con otra gente sería una pérdida de tiempo, y tenemos bastante trabajo que hacer encaminando la ciencia hacia nuevos senderos. Precisamente en este momento tenemos nuestras manos llenas reemplazando el principio de causalidad por otro que postularemos, y que entonces impondremos a los filósofos» (págs. 20-22).

[241] N. Bohr, «The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory», *Nature, 121* (14 de abril de 1928), 580-590, reimpreso en Bohr, *Atomic Theory and the Description of Nature* (Cambridge, 1934), 52-91, en las 580, 586, 590 y 54, 79, 91, respectivamente; traducción al alemán en *Naturwiss., 16* (1928), 245-257. Cf. Philipp Frank, «Gibt es ein irrationales Moment in den Theorien der modernen Physik?» *Neue Züricher Zeitung* (17 de diciembre de 1928), núm. 2355, que se esfuerza por combatir esta noción que ya había sido tomada jubilosamente por Adolf Koelsch, «Die Verpersönlichung des Elektrons», *ibid.* (20 de octubre de 1928), núm. 1910.

procesos rutinarios de la naturaleza inorgánica». «Ese disparate», replicó Einstein, «no es simplemente un disparate. Es un disparate inaceptable... La física cuántica nos ha mostrado procesos muy complejos y para enfrentarnos con ellos debemos ampliar y refinar más nuestro concepto de causalidad». Murphy: «Va a encontrarse con una tarea muy dura, ya que va a estar pasado de moda... los científicos viven en el mundo lo mismo que cualquier otro individuo. Algunos de ellos van a reuniones políticas y al teatro, y la mayoría de los que yo conozco, al menos aquí, en Alemania, son lectores de la literatura habitual. No pueden escapar de la influencia del *medio ambiente* en el que viven. Y en la época actual ese *medio ambiente* está ampliamente caracterizado por una lucha para librarse de la cadena causal en la que el mundo se ha enredado» [242]. La afirmación de Murphy, relativa a la ineludibilidad de la influencia del medio ambiente, es tanto más merecedora de nuestra atención en cuanto que es una paráfrasis de un pasaje de una conferencia de Schrödinger, «¿Está la ciencia natural condicionada por el medio ambiente?», publicada con anterioridad aquel mismo año [243]. La propia contribución de Murphy es la identificación específica de la hostilidad hacia la causalidad como la característica dominante del medio ambiente contemporáneo, y la implicación de que la actitud de los científicos hacia este concepto particular había sido virtualmente determinada de este modo.

Los análisis de Schrödinger y de Murphy son, como ha demostrado la investigación precedente, notablemente precisos, al menos para los físicos centroeuropeos germanoparlantes. Sus anhelos de crisis, su predisposición para adaptar su ideología a los valores de su medio ambiente socio-intelectual, demuestran una sustancial y en gran parte indiscriminada participación en las actitudes de su medio académico, una disposición a nadar en la dirección de las corrientes intelectuales del día. Esta circunstancia es todavía más sorprendente si uno tiene en mente que los valores característicos de estas corrientes intelectuales que se establecieron tan firmemente después de la derrota de Alemania fueron fundamentalmente antitéticas a la empresa científica. De hecho, el físico matemático, la personificación de la racionalidad analítica, fue seleccionado a menudo como el principal ejemplo de una manera despreciable de comprender el mundo. Sobre todo, y con sorprendente unanimidad, era el intento de los físicos de someter al mundo a la rígida, muerta, mano

---

[242] «Epilogue: A Socratic Dialogue. Planck-Einstein-Murphy», en Max Planck, *Where Is Science Going?* James Murphy, trad. (Nueva York, Norton, 1932), págs. 201-221, en las 201-205.

[243] Schrödinger, *op. cit.* (nota 143).

de la ley de causalidad —utilizando la retórica que Spengler hizo tan popular— lo que fue tomado para compendiar todo aquello que era más detestable en la empresa científica. Estas dos circunstancias —medio ambiente hostil y adaptación a sus valores— se encontraron entonces ligadas por gran cantidad de evidencias directas e indirectas que sugerían que la adaptación era en respuesta a la hostilidad. Expresado en términos de las distinciones de Karl Hufbauer: repentinamente desprovistos, debido a un cambio de los valores públicos, de la aprobación y prestigio de que habían disfrutado antes y durante la Primera Guerra Mundial, los físicos alemanes fueron impulsados a alterar su ideología e incluso el contenido de su ciencia para recobrar así una imagen pública favorable. En particular, muchos decidieron que de una manera u otra, debían desembarazarse del albatros de la causalidad.

En apoyo de esta interpretación general he ilustrado y hecho hincapié en el hecho de que el programa de abandonar la causalidad en la física fue, por una parte, promovido de manera bastante repentina *después* de 1918, y, por otra parte, que consiguió una aceptación muy sustancial entre los físicos alemanes *antes* de que se viese «justificado» por la llegada de una mecánica cuántica fundamentalmente acausal. Sostengo, además, que el contenido y contexto científico, la forma y nivel de exposición, las ocasiones y los vehículos escogidos para la publicación de manifiestos en contra de la causalidad, todo lleva ineludiblemente a la conclusión de que los problemas sustanciales de la física atómica solamente jugaron un papel secundario en la génesis de esta persuasión acausal, que el factor más importante fue la presión socio-intelectual ejercida sobre los físicos como miembros de la comunidad académica alemana.

Y aquí, con excepción tal vez del caso de Hermann Weyl, no fue cuestión de influencias «filosóficas» en un sentido intelectual serio. Con mucho, el «pensador» individual más influyente fue Spengler, y ello únicamente porque la *Untergang des Abendlandes,* la concentrada expresión de la existencialista *Lebensphilosophie* que estaba diseminada a lo largo de la atmósfera intelectual, fue leída con atención por la mayoría de los físicos y matemáticos alemanes debido al predominante papel que Spengler había dado a sus ciencias. Por tanto, exceptuando a Franz Exner, las tesis filosóficas de finales del siglo XIX, a las que Jammer nos ha llamado la atención aunque pueden perfectamente bien tener alguna responsabilidad última del contenido en ideas de la *Lebensphilosophie* del período de Weimar, jugaron, *per se, an sich*, un papel insignificante en la repentina aparición de un sentimiento anticausal entre los físicos alemanes después de la Primera Guerra Mundial. Por el contrario,

fue únicamente en el momento en que esta reacción romántica en contra de la ciencia exacta había conseguido suficiente popularidad dentro y fuera de la Universidad como para socavar seriamente la posición social de los físicos y matemáticos, cuando se vieron obligados a llegar a un acuerdo con ella.

Existen, además, muchas indicaciones de que esta estrategia acomodacionista encontró un éxito considerable. El «disparate inaceptable» acerca del libre albedrío de los electrones del que los filósofos, ayudados y favorecidos por los físicos, estaban hablando a finales de la década de los años 1920, consiguió de hecho una prensa muy favorable. Aunque desagradable para Einstein, esta imagen de la física moderna era perfectamente adecuada al gusto del público educado del período de Weimar. Y yo haría hincapié en que gran parte del disparate anunciado con gran estruendo por los filósofos a finales de la década de los veinte no debía nada a la mecánica cuántica descubierta en 1925-1926, sino que está basado total y únicamente en los manifiestos que en contra de la causalidad emitieron los físicos antes de aquella fecha. Tales fueron, por ejemplo, los artículos que publicó Ludwig von Bertalanffy en 1927, recreándose en el hecho de que «en la propia física se están empezando a aceptar puntos de vista que en biología serían denominados vitalistas... La imagen causal del mundo de los físicos se está disolviendo; en su lugar se instala una que reconoce la individualidad, incluso para procesos moleculares... De hecho, aquella alusión de Nernst al libre albedrío de los teólogos se puede utilizar incluso para apoyar una de las ideas más controvertidas de Spengler: que la física moderna, renunciando a la causalidad rigurosa y a las leyes exactas de la naturaleza, dará lugar a un nuevo sistema» [244].

---

[244] L. v. Bertalanffy, «Über die Bedeutung der Umwälzung in der Physik für die Biologie», *Biologisches Zentralblatt, 47* (nov. 1927), 653-662; en las 653-656. Análogamente, Bertalanffy, «Über die neue Lebensauffassung», *Annalen der Philosphie, 6* (septiembre 1927), 250-264. Una imagen algo más delicada, de nuevo basada únicamente en fuentes pre-1925, fue pintada por Karl Joël, «Überwindung des 19. Jahrhunderts im Denken der Gegenwart», *Kant-Studien, 32* (1927), 475-518, especialmente en 482-487.

No todo *Lebensphilosoph* reaccionaba de esta manera; de hecho parece que muchos idealistas transcendentales, filósofos académicos *Lebensphilosophisch* existencialistas, se ofendieron con los intentos de los físicos por escapar de los cepos de la causalidad y de usurpar su papel de *Seelsorger* * nacionales. Un ejemplo muy temprano es Kurt Riezler, quien en 1923 señalaba que recientes desarrollos en la física «han inducido a un número [Reihe] de científicos naturales a expresar la esperanza, o al menos a insinuar, que utilizando éstos y tal vez otros descubrimientos todavía por hacer, el concepto y rango de validez de las leyes naturales se transformará de tal manera que permitirá di-

* Curadores de almas. (*N. del T.*)

Uno debe admitir que la ecuación de Bertalanffy de la renuncia a la causalidad con el misticismo no está totalmente injustificada. Ya que, como vimos, los manifiestos de los físicos en contra de la causalidad antes de 1925 fueron emitidos no a pesar de, sino más bien debido a la creencia general de que «un abandono del determinismo significaría una renuncia a la comprensibilidad de la naturaleza». Lejos de dedicarse a cualquier análisis crítico del concepto de causalidad, dirigido hacia la relajación del determinismo sin renunciar *a priori* a la comprensibilidad de la naturaleza, estos físicos de hecho gozaban de esa manera, recalcaban el fracaso de la racionalidad analítica, repudiando implícitamente la empresa cognoscitiva en la que la física se había visto comprometida hasta entonces [245].

Por esta razón, el movimiento acausal no podía sino suscitar oposición dentro de la comunidad de los físicos alemanes. De hecho se tiene aquí la diferencia más característica entre aquellos físicos que se precipitaron a renunciar a la causalidad y los que se adhirieron a ella incluso después del descubrimiento de la mecánica cuántica. Para Exner, Schottky, Nernst y Bohr el fracaso de la causalidad era esencialmente un fracaso del intelecto humano; Weyl, Von Mises y Reichenbach iban todavía más lejos, expresando una revulsión existencialista en contra de la intelectualidad. Por otra parte, aquellos pocos físicos —sorprendente y significativamente pocos— que se opusieron públicamente al abandono de la causalidad basaron

---

visar el puente entre los procesos naturales y los procesos históricos, y cerrar el golfo que parece separar necesidad y libertad». Riezler trata, por consiguiente, de «examinar a fondo la cuestión de si, hasta dónde y por qué ruta, aquel puente entre el mundo del espíritu y el de la libertad, que algunos científicos creen divisar, puede y debe ser buscado». Su conclusión es que el zapatero debe dedicarse a sus zapatos, que «la segunda presuposición de la ciencia natural, la determinación, es asimismo invariable. El científico natural —Nernst es citado aquí— que quiere ver 'los lazos de la ley de causalidad' aflojados, sierra la rama sobre la que se sienta», mientras que, por el contrario, el filósofo no está restringido a una concepción del mundo tan estrecha. («Über das Wunder gültiger Naturgesetze. Eine naturphilosphische Studie», *Dioskuren: Jahrbuch für Geisteswissenschaften*, 2 [1923], 238-274, en las págs. 238 y 257). En 1925, sin embargo, Riezler ya no era tan categórico: «Die Hypothese der Kausalität», *Die Akademie: eine Sammlung von Aufsätzen aus dem Arbeitskreis Erlangen*, *4* (1925), 116-146, especialmente 143.

245 La cita está tomada de S. Kis, *op. cit.* (nota 146), pág. 33. El primer intento serio de volver a analizar el concepto de causalidad para determinar de esta manera cuánto se necesita de él para el entendimiento de la naturaleza parece ser el de Eino Kaila, *Der Satz vom Ausgleich des Zufalls und das Kausalprinzip. Erkenntnislogische Studien* (Turku [Abo], 1924 = *Annales universitatis fennicae Aboensis*, Series B, Tom. 2, núm. 2), al que tal vez podríamos añadir el de Reichenbach, *op. cit.* (nota 205).

sus argumentaciones en el valor de la racionalidad y en su fe en la capacidad del intelecto humano para comprender el mundo natural: tenemos así a Einstein, Petzoldt, Planck, Schrödinger (después de su reconversión) y W. Wien (*vis-à-vis* la naturaleza inórgánica). Y por esta razón también no he sido capaz, no he querido de hecho, de mantener una posición perfectamente neutral en mi exposición. Aunque una inclinación a considerar los procesos atómicos como involucrando un «fallo de la causalidad» demostró ser, y todavía es, un enfoque muy fructífero, antes de la introducción de una mecánica cuántica acausal racional el movimiento para abandonar la causalidad expresaba menos un programa de investigación que una propuesta para sacrificar la física, de hecho la empresa científica, al *Zeigeist*. Mis simpatías han estado, por consiguiente, con los conservadores en defensa de la razón, más que con los «progresistas» en su negación de ella.

Pero si se ha de comprender, al menos en parte, este fenómeno socio-intelectual mediante una dicotomía entre progresistas y conservadores, entonces se podrán anticipar correlaciones entre la postura de un físico en el tema de la causalidad y su orientación intelectual y política en general. Y de hecho, trasladando las observaciones de Ringer de que al principio del período de Weimar los académicos «modernistas» tendían a ser «metodológicamente arriesgados», uno encuentra que, en general, aquellos físicos que fueron los primeros y más dispuestos a repudiar la causalidad tenían, bien ideas políticas claramente «progresistas» para los criterios de su clase social y del mundo académico alemán, y/o tenían un interés inusitado o un estrecho contacto con la literatura contemporánea. Nernst, que en su juventud había deseado ser un poeta y que mantuvo su interés por la literatura a lo largo de toda su vida, fue también uno de los pocos físicos alemanes que se asociaron públicamente con la causa de la democracia parlamentaria. Von Mises, aunque políticamente conservador y nacionalista, iba camino de convertirse en la mayor autoridad en el joven Rilke. Born y Weyl tenían ambos una buena disposición hacia la república alemana, al menos en sus comienzos —un sentimiento bastante infrecuente en el mundo académico alemán— y ambos tenían mujeres literatas. Por otra parte, con la notable excepción de Einstein, los que defendían la causalidad tendían a ser primordialmente políticamente conservadores y/o interesados en la literatura clásica. Este era el caso de Planck, Schrödinger y Max von Laue —quien mantenía bien pulido su conocimiento del griego—. A su derecha se encontraba W. Wien. Y, finalmente, en el bando de los causalistas se puede añadir a los reac-

cionarios a ultranza: Ernst Gehrcke, Erwin Lohr, Philipp Lenard y Johannes Stark [246].

Esta circunstancia —que la alineación dentro de la comunidad de físicos alemanes con la cuestión de la causalidad está íntimamente correlacionada con el temperamento intelectual y político del físico como individuo— nos recuerda, sin embargo, que el modelo «sociológico» empleado en este ensayo no puede ser la verdad única.

[246] F. A. Lindemann y F. Simon, «Walther Nernst, 1864-1941», *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society of London, 4* (1942), 101-112. Nernst había suscrito un manifiesto en el verano de 1917 pidiendo reformas políticas democráticas en Prusia, y había participado en la reunión de 1926 de profesores universitarios republicano-parlamentarios: Klaus Schwabe, *Wissenschaft und Kriegsmoral: Die deutschen Hochschullehrer und die politischen Grundfragen des Ersten Weltkrieges* (Gotinga, 1969), pág. 264, nota 229; Wilhelm Kahl, *et al., Die deutschen Universitäten und der heutige Staat: Referate erstattet auf der Weimarer Tagung deutscher Hochschullehrer am 23. und 24. April 1926* (Tübingen 1926), págs. 38-39. Las actitudes nacionalistas de Von Mises están reflejadas en su repetida promoción de boicots políticos por los científicos alemanes a los congresos internacionales. Por ejemplo: Th. von Kármán a Von Mises, 11 de diciembre de 1923, y P. Debye a Von Kármán, 1 de mayo de 1926, en los *Kármán Papers,* California Institute of Technology Archives, pero especialmente la correspondencia entre Von Mises y L. E. J. Brouwer en 1928 en los *Von Mises Papers,* Niels Bohr Library, American Institute of Physics, Nueva York. Existen muchos indicios de las actitudes políticas de Max Born en su correspondencia con Einstein *(op. cit.,* nota 14), donde también se han publicado muestras de la poesía de Hedwig Born. La actitud inicial de Hermann Weyl hacia la república alemana se puede vislumbrar en una carta a Einstein del 16 de noviembre de 1918 depositada en la *Einstein Collection,* Institute for Advanced Study, Princeton, y en el *Weyl Nachlass* *, Bibliothek der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zurich; su adhesión continua a la democracia está sugerida en el discurso con el que se presentó a sí mismo a los estudiantes de matemáticas de Gotinga en 1930, citado extensamente en su «Rückblick auf Zürich aus dem Jahre 1930», *Schweizerische Hochschulzeitung, 28* (1955), 180-189, reimpreso en Weyl, *Ges. Abhl., 4,* 650-654. Allí él también describe su decisión de aceptar la oferta ** de Gotinga como resultado de discusiones, llevadas a cabo en su imaginación, con Jacob Burkhardt y Hermann Hesse. La mujer de Weyl, Helena, antigua discípula de Husserl, tradujo a Ortega y Gasset al alemán. El conservadurismo político de Planck es bien conocido, pero no era tan profundo como a menudo ha sido presentado: él y Von Laue eran ambos miembros del Deutsche Volkspartei en el período de Weimar. (Wilhelm Westphal, «Der Mensch Max von Laue», *Physikalische Blätter, 16* [1960], 549-551; Friedrich Herneck, *Bahnbrecher des Atomzeitalters* [Berlín, 1969], págs. 303-304.) El nacionalismo conservador de Schrödinger está implícito en su correspondencia con Wilhelm Wien, citada en la nota 234, con especial firmeza en una carta del 26 de abril de 1927 en la que describe sus emociones al vislumbrar la campiña alemana a su vuelta de los Estados Unidos. Schrödinger utilizaba frecuentemente títulos griegos y latinos para sus libros de notas de investigación (Archive for History of Quantum Physics); Von Laue empleaba frecuentemente citas de estos idiomas en sus publicaciones.

* Legado de Weyl. *(N. del T.)*

** De una cátedra. *(N. del T.)*

Este modelo nos proporciona un marco general, y parece funcionar especialmente bien en determinados casos extremos. Pero a fin de dar cuenta de su aplicabilidad especial para algunos físicos y de su inaplicabilidad especial para otros, debemos invocar precisamente aquellos factores que han sido excluidos del modelo —personalidad individual y biografía intelectual—. El mecanismo propuesto para el arrastre experimentado por los físicos y matemáticos alemanes por el *Zeitgeist* es, por tanto, claramente insuficiente. Y podía ser que el examen de otros episodios de arrastre a finales del siglo XIX y a comienzos del XX demostrase también que tampoco es necesario. Pero fuese de la manera que fuese, parece difícil no reconocer que los desplazamientos de ideología científica y los desplazamientos anticipados en doctrina científica expuestos en este ensayo, fueron *en efecto* adecuaciones al medio ambiente intelectual de Weimar. Además, independientemente de las similaridades que uno pueda encontrar en la postura mental de los científicos exactos no alemanes de este mismo período, existe un rasgo que creo no puede ser encontrado fuera de la esfera cultural alemana: el repudio de la «causalidad».

GUIA BIBLIOGRAFICA PARA LA HISTORIA DE LA FISICA MODERNA

a cargo de

José Manuel Sánchez Ron

Se incluye a continuación una lista de publicaciones dedicadas a la historia de la física del siglo XX. Quede claro que esta bibliografía no pretende ser completa. Refleja, junto a limitaciones conscientemente autoimpuestas, otras que se derivan de mis propias carencias tanto de información como de formación. Así, es indudable que las referencias a trabajos de historiadores estadounidenses o británicos superan con mucho a las de otros países. En situaciones concretas esto puede ser —lo admito, aunque he tratado de evitarlo— injusto (piénsese, por ejemplo, en la joven «escuela» italiana que ha sacado a la luz recientemente las *Atti del III Congreso Nazionale di Storia della Fisica,* F. Bevilacqua y A. Russo, eds., 2 vols. [Consiglio Nazionale delle Ricerche, Palermo, 1982]). No obstante, es un hecho que precisamente en los Estados Unidos, muy especialmente, y en Gran Bretaña es en donde se hacen más y mejores investigaciones dedicadas a la historia de la física moderna.

Las secciones que siguen contienen la bibliografía más completa que yo conozco, con la excepción del volumen *Literature on The History of Physics in the 20th Century* (ref. A.3), cuya misma riqueza de referencias indiscriminadas le hace poco recomendable para el estudioso con escasez de recursos. Y al tocar el tema de los recursos, permítaseme expresar que mi intención con este apéndice bibliográfico no es otra que la de contribuir a aliviar la penosa situación en que se encuentran los estudiosos españoles interesados en la historia de la física, por mencionar sólo el campo que mejor conozco. El abandono en que se encuentran —cuando existen— nuestras bibliotecas hace que sea extremadamente difícil el conocer la producción investigadora internacional. Ante esta coyuntura,

aquel que se acerca por primera vez a la historia de la ciencia puede sentirse desbordado en múltiples sentidos. Conocer el trabajo de Forman, protagonista de este libro, es importante, pero debemos tener conciencia de que por sí sólo no es sino una pequeña parte de la producción investigadora en el dominio de la historia de la física.

Para terminar este preámbulo mencionaré algunas de las limitaciones que me he impuesto al elaborar esta bibliografía, y que han tendido especialmente a no hacerla demasiado extensa y prolija:

1) Al ser ésta una lista de trabajos históricos dedicados a la física del siglo XX, he tomado como línea de partida Planck y Einstein. Salvo excepciones —que las hay— he omitido temas como la espectroscopía, la radiactividad o la electrodinámica antes de *circa* 1900. De esta manera rompo claramente la continuidad conceptual de la que surgió la física moderna.

2) No he incluido (siempre salvo excepciones) biografías de físicos que, por otra parte, caen dentro del período que cubro aquí. De nuevo mi excusa es la de no extenderme demasiado. Todo aquel interesado en este tipo de trabajos debe consultar las páginas 20-244 de la obra de Heilbron y Wheaton, *Literature on the History of Physics in the 20th Century* (ver A.3).

Por el interés que tienen como fuentes primarias, sí he incluido intercambios epistolares y autobiografías con la consistencia y extensión suficientes como para constituir un libro. Excepciones obviamente justificables a esta regla son las autobiografías de Einstein y de Planck.

3) He prescindido en general de *artículos* debidos a científicos y no a historiadores profesionales. No ignoro ni subestimo el valor que aquellos tienen, pero es indudable que, en conjunto, deben ser tratados con especial cuidado. Por añadidura, su elevado número aumentaría considerablemente esta bibliografía.

4) No incluyo investigaciones relativas a la ciencia *en general* (por ejemplo, trabajos acerca de agrupaciones como la British Association for the Advancement of Science).

5) No he tenido en cuenta los, muy numerosos, trabajos dedicados al proyecto Manhattan.

6) No aparecen los artículos de Forman, al haber sido éstos mencionados y discutidos en la introducción.

El orden que he seguido dentro de las diferentes secciones de que se compone esta bibliografía es jerárquico: de mayor a menor generalidad; conformidad al desarrollo histórico (por ejemplo, Planck antes que Einstein, Sommerfeld antes que Heisenberg).

Por último señalaré que aunque la bibliografía está dividida en secciones diferentes, en numerosas ocasiones es un tanto arbitrario el que uno trabajos aparezcan en una y no en otra. Esto se debe a la interrelación intrínseca entre las «diferentes» ramas de la física.

ABREVIATURAS EMPLEADAS PARA REVISTAS

AJP: *American Journal of Physics.*
AS: *Annals of Science.*
AHES: *Archive for History of Exact Sciences.*
BJHS: *British Journal for the History of Science.*
HSPS: *Historical Studies in the Physical Sciences.*
JSHS: *Japanese Studies in the History of Science.*
SSS: *Social Studies of Science.*
SHPS: *Studies in History and Philosophy of Science.*

A. Estudios bibliográficos

1. *Isis Cumulative Bibliography 1913-65,* Magda Whitrow, ed., 4 vols Mansell Pub. Limited, Londres, 1971, 1971, 1976, 1982.
   Dedicada a la historia de las ciencias. Los títulos de los cuatro volúmenes son: vols. 1 y 2, «Personalities and Institutions»; vol. 3, «Subjects»; vol. 4, «Periods and Civilizations».
2. *Isis Cumulative Bibliography 1966-75,* John Neu, ed. Mansell Pub. Limited, Londres, 1980.
   Sólo un volumen («Personalities and Institutions») ha aparecido por el momento.
3. J. L. Heilbron y B. R. Wheaton, *Literature on the History of Physics in the 20th Century,* 485 págs. University of California, Berkeley, 1981.
   Referencia indispensable para cualquier investigación detallada.
4. *Dictionary of Scientific Biography,* Charles C. Gillespie, ed., 16 vols. Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1970-1980.
   Monumental tratado de biografías de científicos de todas las épocas. No es, estrictamente, una fuente bibliográfica en el sentido que estoy empleando este término en esta sección.
5. B. R. Wheaton y J. L. Heilbron, *An Inventory of Published Letters to and from Physicists, 1900-1950,* 84 págs. University of California, Berkeley, 1982.
   En este trabajo se localizan las publicaciones que contienen citas de correspondencias mantenidas por físicos durante el período 1900-1950. Se debe utilizar conjuntamente con A.3.
6. T. S. Kuhn, J. L. Heilbron, P. L. Forman y L. Allen, *Sources for History of Quantum Physics. An Inventory and Report,* 176 págs. The American Philosophical Society, Filadelfia, 1967.
7. *Max Planck. A Bibliography of his non-Technical Writings,* 69 págs. University of California, Berkeley, 1977.
8. *Ernst Rutherford. A Bibliography of his non-Technical Writings,* 61 págs. University of California, Berkeley, 1979.
9. *William Henry Bragg and William Lawrence Bragg. A Bibliography of their non-Technical Writings,* 109 págs. University of California, Berkeley, 1978.

B. Autobiografías y correspondencias

B.a. *Autobiografías*

1. J. J. Thomson, *Reflections and Recollections,* 451 págs. G. Bell & Sons, Londres, 1936; Arno Press, Nueva York, 1975.
2. Wilhelm Wien, *Aus dem Leben und Wirken einer Physikers.* Leipzig, 1930.
3. Max Planck, *Scientific Autobiography.* Philosophical Library, Nueva York, 1949.
4. Albert Einstein, «Autobiographical Notes» en *Albert Einstein: Philosopher-Scientist,* P. A. Schilpp, ed. Open Court, La Salle, 1949. Hay traducción al castellano, *Notas autobiográficas,* Alianza, Madrid, 1984, 87 págs.
5. Oliver Lodge, *Past Years, an Autobiography.* Londres, 1931.
6. Max Born, *My Life,* 308 págs. Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1978.
7. R. A. Millikan, *The Autobiography of Robert A. Millikan,* 334 págs. Macdonald, Londres, 1951.
8. Arthur Holly Compton, *Atomic Quest: A Personal Narrative.* Oxford, 1956.
9. Otto Hahn, *My Life. The Autobiography of a Scientist,* 240 págs. Nueva York, 1970; originalmente publicado en alemán, Munich, 1968.
10. Werner Heisenberg, *Der Teil und das Ganze: Gespräche im Unkreis der Atomphysik.* Munich, 1969.
11. Leopold Infeld, *Quest: The Evolution of a Scientist,* 272 págs. Victor Gollancz, Londres, 1942.
12. Walter M. Elsasser, *Memoirs of a Physicist in the Atomic Age,* 268 págs. Adam Hilger, Boston, 1978.
13. Otto R. Frisch, *De la fisión del átomo a la bomba de hidrógeno. Recuerdos de un físico nuclear,* 261 págs. Alianza, Madrid, 1982; originalmente publicado en inglés, Cambridge, 1979.
14. George Gamow, *My World Line: An Informal Autobiography.* Nueva York, 1970.
15. John C. Slater, *Solid-State and Molecular Theory: A Scientific Biography.* Nueva York, 1975.
16. Hideki Yukawa, *Tabibito (The Traveler),* 218 págs. World Scientific, Singapore, 1982.
17. Philip M. Morse, *In at the Beginnigs: A Physicist's Life.* M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1977.
18. Hendrik B. G. Casimir, *Haphazard Reality. A Half Century of Science,* 384 págs. Harper & Row, Londres, 1983.
19. Freeman Dyson, *Disturbing the Universe: A Life in Science.* Harper & Row, Nueva York, 1981.
20. Esbozos autobiográficos de Max von Laue y William Bragg están incluidos en *Fifty Years of X-Ray Diffraction,* P. P. Ewald, ed. N. V. A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij, Utrech, 1962.

B.b. *Correspondencias*

21. *Letters from Sir Oliver Lodge, Psychical, Religious, Scientific and Personal,* J. Arthur Hill, ed. Londres, 1932.
22. John L. Heilbron, *H. G. J. Moseley: The Life and Letters of an English Physicist, 1887-1915.* University of California Press, Berkeley, 1974.
23. *Letters on Wave Mechanics,* 75 págs., K. Przibram, ed. Vision, Londres, 1967; originalmente publicado en alemán, Springer, Viena, 1964.
Contiene cartas entre Schrödinger y Planck, Einstein y Lorentz.
24. *Lettres à Maurice Solovine,* M. Solovine, ed. Gauthier-Villars, París, 1956.
Cartas de Einstein a su amigo Solovine.
25. *Albert Einstein/Michele Besso-Correspondance 1903-1955,* 327 páginas, P. Speziali, ed. Hermann, París, 1979.
26. *A. Einstein y M. Born. Correspondencia (1916-1955),* 160 págs., M. Born, ed. Siglo XXI, Madrid; también publicado en alemán, inglés y francés.
27. *Albert Einstein/Arnold Sommerfeld Briefwechsel,* 126 págs., A. Hermann, ed. Schwabe and Company Verlag, Basel, 1968.
28. *Letters on Absolute Paralelism, 1929-1932. Elie Cartan-Albert Einstein,* 235 págs., Robert Debever, ed. Princeton University Press, Princeton, 1979.
29. *Rutherford and Boltwood: Letters on Radioactivity,* 378 págs., Lawrence Badash, ed. Yale University Press, New Haven, 1969.
30. *Wolfgang Pauli. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein und vielen Anderen,* vol. 1, *1919-1929,* 577 págs., A. Hermann, K. von Meyenn y V. F. Weisskopf, eds. Springer-Verlag, Nueva York, 1979.
31. *Robert Oppenheimer: Letters and Recollections,* 376 págs., Alice Kimball Smith y Charles Weiner, eds. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1980.

C. Relatividad

Para no romper la secuencia interna de la bibliografía antepongo esta sección a la dedicada a la discontinuidad cuántica de Max Planck.

La bibliografía relativa a las teorías especial y general de la relatividad es amplísima. Yo me limitaré a citar sólo unos pocos trabajos de indudable interés. Este tratamiento conciso de una de las parcelas más fundamentales de la física moderna está por otra parte justificado en tanto que un libro que publiqué en esta misma colección contiene una extensa lista de referencias.

1. José Manuel Sánchez Ron, *El origen y desarrollo de la relatividad,* 234 págs. Alianza, Madrid, 1983.

C.a. *Referencias generales*

Además de C.1, cabe mencionar:

2. Abraham Pais, *'Subtle is the Lord'... The Science and the Life of Albert Einstein,* 552 págs. Oxford University Press, Nueva York, 1982.
3. Lewis Pyenson, «Einstein's Early Scientific Collaborations», HSPS *7,* 83-123 (1976).
4. Lewis S. Feuer, «The Social Roots of Einstein's Theory of Relativity», AS *27,* 277-298, 313-344 (1971).
5. Lewis S. Feuer, *Einstein and the Generations of Science,* 374 págs. Basic Books, Nueva York, 1974.

   En este libro, una ampliación de C.4, Feuer analiza no sólo a Einstein, sino también a otros físicos, como por ejemplo Bohr y Heisenberg, de una manera pseudo-psicológica reminiscente del método empleado por Frank Manuel en su famoso *A Portrait of Isaac Newton* (1968). Creo, no obstante, que a pesar de su indudable atractivo Feuer dista mucho de demostrar sus tesis.
6. David C. Cassidy, «Biographies of Einstein», en *Einstein Symposion Berlin,* págs. 490-500. Lectures Notes in Physics, n.° 100, Springer-Verlag, Berlín, 1979.

   Breve revisión crítica de algunas biografías de Einstein (en mi opinión, la mejor existente en castellano es la de Carl Seelig, publicada en 1968 por Espasa-Calpe).
7. Michel Biezunski, *La diffusion de la théorie de la relativité en France,* 356 págs. Thèse du doctorat du troisième cycle. Université Paris VII, 1981.

C.b. *Relatividad especial*

8. Arthur I. Miller, *Albert Einstein's Special Theory of Relativity. Emergence (1905) and Early Interpretation (1905-1911),* 466 págs. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1981.
9. Tetu Hirosige, «The Ether Problem, the Mechanistic Worldview, and the Origins of the Theory of Relativity», HSPS *7,* 3-82 (1976).
10. Camillo Cuvaj, *A History of Relativity. The Role of Henri Poincaré and Paul Langevin,* 415 págs. Tesis doctoral. Yeshiva University, 1971, Univ. Microf. ref. n.° 71-14, 304.
11. Arthur I. Miller, «A Study of Henri Poincaré's 'Sur la Dynamique de l'Electron'», AHES *10,* 207-328 (1973).
12. Arthur I. Miller, «On Some other Approaches to Electrodynamics in 1905», en Woolf, ed. (1980), págs. 66-91.
13. Lewis Pyenson, «Physics in the Shadow of Mathematics: The Göttingen Electron-Theory Seminar of 1905», AHES *21,* 55-89 (1979).
14. Lewis Pyenson, «Relativity in Late Wilhelmian Germany: The Appeal to a Preestablished Harmony between Mathematics and Physics», AHES *27,* 137-155 (1982).

15. Gerald Holton. Ver algunos artículos incluidos en: *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein,* 359 págs. Alianza, Madrid, 1982, en especial, «Einstein, Michelson y el experimento crucial», págs. 204-293 (originalmente publicado en *Isis* [1969]).
16. John Stachel, «Einstein and Michelson. The Context of Discovery and the Context of Justification», *Astron. Nachr. 303,* 47-53 (1982).
17. Arthur I. Miller, «Albert Einstein and Max Wertheimer: A Gestalt Psychologist's View of the Genesis of Special Relativity Theory», *History of Science 13,* 75-103 (1975).
18. Lewis Pyenson, «Physical Sense in Relativity: Max Planck Edits the *Annalen der Physik,* 1906-1918», en *Proceedings of the 9th GRG Conference,* E. Schmutzer, ed., págs. 285-302. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlín DDR, 1983.
19. Stanley Goldberg, «Max Planck's Philosophy of Nature and His Elaboration of the Special Theory of Relativity», HSPS *7,* 125-160 (1976).
20. Lewis Pyenson, «Hermann Minkowski and Einstein's Special Theory of Relativity», AHES *17,* 71-95 (1977).
21. Peter Galison, «Minkowski's Space-Time: From Visual Thinking to the Absolute World», HSPS *10,* 85-121 (1979).
22. Russell McCormmach, «Einstein, Lorentz, and the Electron Theory», HSPS *2,* 41-87 (1980).
23. Stanley Goldberg, «In Defense of Ether: The British Response to Einstein's Special Theory of Relativity, 1905-1911», HSPS *2,* 89-125 (1970).
24. Arthur I. Miller, «P. W. Bridgman and the Special Theory of Relativity», «Introduction» a P. W. Bridgman, *A Sophisticate's Primer of Relativity,* 2.ª ed., págs. vii-xlviii (Wesleyan University Press, Middletown, 1983.

C.c. *Relatividad general*

25. Jagdish Mehra, *Einstein, Hilbert, and the Theory of Gravitation,* 88 págs. Reidel, Dordrecht, 1974.
26. Lewis Pyenson, *The Goettingen Reception of Einstein's General Theory of Relativity,* 413 págs. Tesis doctoral. The Johns Hopkins University 1974, Univ. Microf. ref. n.º 74-27, 925.
27. V. P. Vizgin y Ya. Somorodinskii, «From the Equivalence Principle to the Equations of Motion», *Soviet Physics Uspekhi 22,* 489-514 (1979).
28. John Stachel, «Einstein and the Rigidly Rotating Disk», en *General Relativity and Gravitation,* A. Held, ed., vol. 1, págs. 1-15. Plenum Press, Nueva York, 1980.
29. John Stachel, «The Genesis of General Relativity», en *Einstein Symposion Berlin,* págs. 428-442. Lectures Notes in Physics n.º 100, Springer-Verlag, Berlín, 1979.

30. V. Vizgin, «'Die Schönste Leistung der Allgemeinen Relativitätstheorie': Genesis of the Tensor-Geometrical Conception of Gravitation», en *Nature Mathematized,* W. R. Shea, ed., págs. 299-317. Reidel, Dordrecht, 1983.
31. John Earman y Clark Glymour, «Lost in the Tensors: Einstein's Struggles with Covariance Principles 1912-1916», SHPS *9*, 251-278 (1978).
32. John Earman y Clark Glymour, «Einstein and Hilbert: Two Months in the History of General Relativity», AHES *19*, 291-308 (1978).
33. John Earman y Clark Glymour, «The Gravitational Red Shift as a Test of General Relativity: History and Analysis», SHPS *11*, 175-214 (1980).
34. John Earman y Clark Glymour, «Relativity and Eclipses: The British Eclipse Expeditions of 1919 and their Predecessors», HSPS *11* (1), 49-85 (1980).
35. J. Eisenstaedt, «Histoire et singularités de la solution de Schwarzschild (1915-1923)», AHES *27*, 157-198 (1982).

D. Mecánica cuántica

D.a. *Obras de carácter general*

1. Max Jammer, *The Conceptual Development of Quantum Mechanics,* 399 págs. McGraw-Hill, Nueva York, 1966.
2. Max Jammer, *The Philosophy of Quantum Mecanics,* 536 págs. John Wiley, Nueva York, 1974.
3. Jagdish Mehra y Helmut Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory,* vol. I, *The Quantum Theory of Planck, Einstein, Bohr and Sommerfeld: Its Foundation and the Rise of Its Difficulties, 1900-1925,* 2 tomos, 878 págs.; vol. II, *The Discovery of Quantum Mechanics, 1925,* 355 págs.; vol. III, *The Formulation of Matrix Mechanics and Its Modifications, 1925-1926,* 334 págs.; vol. IV, *The Fundamental Equations of Quantum Mechanics, 1925-1926,* y *The Reception of the New Quantum Mechanics, 1925-1926,* 322 págs. Springer-Verlag, Nueva York, 1982.

   En una dura recensión, Paul Forman («A Venture in Writing History», *Science 220,* 824-827 [1983]) coloca a estos volúmenes en sus justos términos.
4. Friedrich Hund, *The History of Quantum Theory,* 260 págs. George G. Harrap, Londres, 1974; originalmente publicado en alemán, Mannheim, 1967.
5. Edmund Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity,* vol. 2: *The Modern Theories, 1900-1926,* 319 págs. Thomas Nelson, Edimburgo, 1953, Humanities Press, Nueva York, 1973.
6. Thomas S. Kuhn, *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica, 1894-1912,* 416 págs. Alianza, Madrid, 1980; publicado originalmente en inglés, Oxford, 1978.

7. Armin Hermann, *The Genesis of the Quantum Theory (1899-1913)*, 165 págs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1971; originalmente publicado en alemán, Baden, 1969.
8. Elisabetta Donini, *Il caso dei quanti. Dibattito in Fisica e ambiente storico, 1900-1927*, 358 págs. CLUP-CLUED, Milán, 1982.
9. Bruce R. Wheaton, *The Tiger and the Shark. Empirical Roots of Wave-Particle Dualism*, 355 págs. Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
10. Girolama Ramunni, *Les conceptions quantiques de 1911 à 1927*, 196 págs. Vrin, París, 1981.
11. Kurth Mendelssohn, *The World of Walther Nernst. The Rise and Fall of German Science, 1864-1914*. Macmillan, Pittsburgh, 1973.
12. Martin J. Klein, *Paul Ehrenfest:* Volume 1, *The Making of a Theoretical Physicist*. North-Holland, Amsterdam, 1970.
13. Armin Hermann, *La nueva Física*, 175 págs. Inter Nationes, Bonn-Bad Godesberg, 1979.
14. Helge Kragh, *On the History of Early Wave Mechanics*, 141 págs. TEKST NR 23. Roskilde Universitetscenter, 1979.
15. Katherine R. Sopka, *Quantum Physics in America, 1920-1935*. Arno Press, Nueva York, 1980; originalmente una tesis doctoral de Harvard.
16. Stephen G. Brush, «Irreversibility and Indeterminism: Fourier to Heisenberg», *Journ. History of Ideas 37*, 603-630 (1976).
17. B. L. van der Waerden, «Introduction», págs. 1-59, a *Sources of Quantum Mechanics*, B. L. van der Waerden, ed. Dover, Nueva York, 1968. Este volumen contiene, en inglés, artículos clásicos de Einstein, Ehrenfest, Bohr, Ladenburg, Kramers, Slater, Born, van Vleck, Heisenberg, Jordan, Dirac y Pauli.
18. D. ter Haar, «Introduction», págs. 3-75, a *The Old Quantum Theory*, D. ter Haar, ed. Pergamon Press, Oxford, 1967. Este libro contiene, en inglés, artículos de Planck, Einstein, Rutherford, Bohr, J. Franck, G. Hertz y Pauli.

D.b. *Planck: La primera discontinuidad (de interacción) cuántica*

19. Hans Kangro, *Early History of Planck's Radiation Law*, 282 págs. Taylor & Francis, Londres, 1976; originalmente publicado en alemán, Wiesbaden, 1970.
20. Thomas S. Kuhn, *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica, 1894-1912* (ver D.6). Este libro tiene como su principal tema el análisis de los trabajos de Planck, negándose el que éste introdujera algún tipo de discontinuidad en 1900. Esta heterodoxa tesis de Kuhn ha sido muy combatida. En este sentido ver los comentarios que hicieron M. J. Klein, A. Shimony y T. J. Pinch en «Paradigm Lost? A Review Simposium», *Isis 70*, 429-440 (1979).
21. Rest Jost, «Boltzmann und Planck: Die Krise des Atomismus um die Jahrhundertwende und ihre Überwindung durch Einstein», en

Einstein Symposion Berlin (Lectures Notes in Physics, n.° 100, Springer-Verlag, Berlín, 1979), págs. 128-145.
22. Martin J. Klein, «Max Planck and the Beginnings of Quantum Theory», AHES *1*, 459-479 (1962).
23. Martin J. Klein, «Planck, Entropy, and Quanta, 1901-1906», *The Natural Philosopher 1*, 83-108 (1963).
24. Martin J. Klein, «Thermodynamics and Quanta in Planck's Work», *Physics Today 19*, 23-32 (noviembre 1966).
25. Martin J. Klein, «The Beginnings of the Quantum Theory», en Weiner, ed. (1977), págs. 1-39. Basado en parte en D.22.
26. León Rosenfeld, «La première phase de l'évolution de la théorie des quanta», *Osiris 2*, 149-196 (1936). Reproducido (en inglés) en Cohen y Stachel, eds. (1979).
27. León Rosenfeld, «Max Planck et la définition statistique de l'entropie», en *Max-Planck Festschrift 1958*, págs. 203-211. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlín, 1959. Reproducido (en inglés) en Cohen y Stachel, eds. (1979).
28. Elizabeth Garber, «Some Reactions to Planck's Law, 1900-1914», SHPS *7*, 89-126 (1976).
29. *Max Planck. A Bibliography of His Non-Technical Writings*. Ver A.7.

D.c. *Einstein: La segunda discontinuidad (de radiación) cuántica y otras contribuciones*

30. Abraham Pais, «Einstein and the Quantum Theory», *Reviews of Modern Physics 51*, 861-914 (1979).
31. Abraham Pais, «Einstein on Particles, Fields, and the Quantum Theory», en Woolf, ed. (1980), págs. 197-251. Las dos últimas referencias están, de hecho, contenidas en A. Pais, *'Subtle is the Lord'...*, ver C.2.
32. Martin J. Klein, «The Beginings of the Quantum Theory». Ver D.25.
33. Martin J. Klein, «No Firm Foundation: Einstein and the Early Quantum Theory», en Woolf, ed. (1980), págs. 161-185.
34. Martin J. Klein, «Einstein's First Paper on Quanta», *The Natural Philosopher 2*, 59-86 (1963).
35. Martin J. Klein, «Einstein and The Wave-Particle Duality», *The Natural Philosopher 3*, 3-49 (1964).
36. Martin J. Klein, «Einstein, Specific Heats, and the Early Quantum Theory», *Science 148*, 173-180 (1965).
37. Martin J. Klein, «Thermodynamics in Einstein's Thought», *Science 157*, 509-516 (1967).
38. Max Jammer, «Albert Einstein und das Quantenproblem», en *Einstein Symposion* Berlin (Lectures Notes in Physics, No. 100, Springer-Verlag, Berlín, 1979), págs. 146-167.
39. Thomas S. Kuhn, «Einstein's critique of Planck», en Woolf, ed. (1980), págs. 186-191. El libro de Kuhn, D.6, también analiza algunos trabajos cuánticos de Einstein.

D.d. *Hacia y entorno a Heisenberg*

40. Roger H. Stuewer, *The Compton Effect. Turning Point in Physics*, 367 págs. Science History Publications, Nueva York, 1975.
41. Bruce R. Wheaton, «Philipp Lenard and the Photoelectric Effect, 1889-1911», HSPS *9*, 299-322 (1978).
42. Russell McCormmach, «Henri Poincaré and the Quantum Theory», *Isis 58*, 37-55 (1967).
43. Russell McCormmach, «J. J. Thomson and the Structure of Light», BJHS *3*, 362-387 (1967).
44. John Hendry, «The Development of Attitudes to the Wave-Particle Duality of Light and Quantum Theory, 1900-1920», AS *36*, 59-79 (1979).
45. José M. Sánchez Ron, «Aspectos de la crisis cuántica en la física británica: Charles Galton Darwin (1887-1962)», *Llull 4*, 181-198 (1981).
46. Mary Jo Nye, *Molecular Reality*, 201 págs. American Elsevier, Nueva York, 1972. Discute los trabajos de Jean Perrin.
47. Armin Hermann, «Sommerfeld's Role in the Development of Early Quantum Theory», en *Physics of One- and Two-Electrom Atoms*, F. Bopp y H. Kleinpopper, eds., págs. 17-20. North-Holland, Amsterdam, 1969.
48. Armin Hermann, «Die frühe Diskussion zwischen Stark und Sommerfeld über die Quantenhypothese (1)», *Centaurus 12*, 38-59 (1967).
49. Sigeko Nisio, «The Formation of the Sommerfeld Quantum Theory of 1916», JSHS *12*, 39-78 (1973).
50. B. L. van der Waerden, «The History of Quantum Theory in the Light of Successive Editions of Sommerfeld's *Atombau und Spektrallinien*», en *Physics of One- and Two-Electron Atoms*, F. Bopp y H. Kleinpopper, eds., págs. 21-31. North-Holland, Amsterdam, 1969.
51. Martin J. Klein, «The First Phase of the Bohr-Einstein Dialogue», HSPS *2*, 1-39 (1970).
52. John Hendry, «Bohr-Kramers-Slater: A Virtual Theory of Virtual Oscillators and Its Role in the History of Quantum Mechanics», *Erkenntnis 16*, 189-221 (1981).
53. Edward Mackinnon, «De Broglie's Thesis: A Critical Retrospective», AJP *44*, 1047-1055 (1976).
54. Hans Radder, «Between Bohr's Atomic Theory and Heisenberg's Matrix Mechanics. A Study of the Role of the Dutch Physicist H. A. Kramers», *Janus 69*, 223-252 (1982).
55. Paul A. Hanle, «Indeterminacy before Heisenberg: The Case of Franz Exner and Erwin Schrödinger», HSPS *11*, 225-269 (1979).
56. Charles P. Enz, «W. Pauli's Scientific Work», en *The Physicist's Conception of Nature*, J. Mehra, ed., págs. 766-799. Reidel, Dordrecht, 1973.
57. Lanfranco Belloni, «Pauli's 1924 Note on Hyperfine Structure», AJP *50*, 461-463 (1982).

58. David C. Cassidy, *Werner Heisenberg and the Crisis in Quantum Theory, 1920-1925,* 520 págs. Tesis doctoral. Purdue University, 1976; University Microf. ref. n.° 77, 1696.
59. Jagdish Mehra, «The Birth of Quantum Mechanics», 56 págs. CERN 76-10 (1976).
60. Edward Mackinnon, «Heisenberg, Models, and the Rise of Matrix Mechanics», HSPS *8*, 137-188 (1977).
61. Daniel Serwer, «*Unmechanischer Zwang*: Pauli, Heisenberg, and the Rejection of the Mechanical Atom, 1923-1925», HSPS *8*, 189-256 (1977).
62. John L. Heilbron, «The Origins of The Exclusion Principle», HSPS *13* (2), 261-310 (1983).
63. B. L. van der Waerden, «Exclusion Principle and Spin», en *Theoretical Physics in the Twentieth Century. A Memorial Volume to Wolfgang Pauli,* M. Fierz y V. F. Weisskopf, eds., págs. 194-244. Interscience, Nueva York, 1960.
64. Hiroyuki Konno, «The Historical Roots of Born's Probabilistic Interpretation», JSHS *17,* 129-145 (1978).
65. Stanley Coben, «The Scientific Establishment and the Transmission of Quantum Mechanics to the United States, 1919-32», *Amer. Hist. Rev. 76*, 442-466 (1971).

D.e. *Schrödinger*

66. William T. Scott, *Erwin Schrödinger. An Introduction to His Writings,* 175 págs. University of Massachuetts Press, Amherst, 1967.
67. Paul A. Hanle, *Erwin Schrödinger's Statistical Mechanics, 1912-1925.* Tesis doctoral. Yale University, 1975.
68. Linda Wessels, *Schrödinger's Interpretations of Wave Mechanics.* Tesis doctoral. Indiana University, 1975.
69. Helge Kragh, *On the History of Early Wave Mechanics.* Ver D.14.
70. Paul A. Hanle, «Indeterminacy before Heisenberg: The Case of Franz Exner and Erwin Schrödinger». Ver D.55.
71. Paul A. Hanle, «The Coming of Age of Erwin Schrödinger: His Quantum Statistics of Ideal Gases», AHES *17*, 165-192 (1977).
72. Paul A. Hanle, «Erwin Schrödinger's Reaction to Louis de Broglie's Thesis on the Quantum Theory», *Isis 68*, 606-609 (1977).
73. Paul A. Hanle, «The Schrödinger-Einstein Correspondence and the Sources of Wave Mechanics», AJP *47*, 644-648 (1979).
74. Linda Wessels, «Schrödinger's Route to Wave Mechanics», SHPS *10*, 311-340 (1977).
75. Helge Kragh, «Erwin Schrödinger and the Wave Equation: The Crucial Phase», *Centaurus 26*, 154-197 (1982).
76. Linda Wessels, «The Intellectual Sources of Schrödinger's Interpretations», en *Studies in the Foundations of Quantum Mechanics,* P. Suppes, ed., págs. 59-76. Philosophy of Science Association, 1980.

77. Edward MacKinnon, «The Rise and Fall of the Schrödinger's Interpretation», en *Studies in the Foundations of Quantum Mechanics*, P. Suppes, ed. Philosophy of Science Association, 1980.
78. Linda Wessels, «Erwin Schrödinger and the Descriptive Tradition», en *Springs of Scientific Creativity*, R. Aris, H. T. Davis y R. H. Stuewer, eds., págs. 254-278. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1983.
79. Karl von Meyenn, «Die Rezeption der Wellenmechanik und Schrödingers Reise nach America im Winter 1926/27», *Gesnerus 39*, 261-277 (1982).

D.f. *Dirac*

80. Helge Kragh, *Methodology and Philosophy of Science in Paul Dirac's Physics*, 139 págs. TEKST NR27. Roskilde Universitetscenter, 1979.
81. Jagdish Mehra, «The Golden Age of Theoretical Physics: P.A.M. Dirac's Scientific Work from 1924 to 1933», en Salam y Wigner, eds. (1972), págs. 17-59.
82. R. J. Eden y J. C. Polkinghorne, «Dirac in Cambridge», en Salam y Wigner, eds. (1972), págs. 1-5.
83. Donald F. Moyer, «Origins of Dirac's Electron, 1925-1928», AJP *49*, 944-948 (1981).
84. Helge Kragh, «The Genesis of Dirac's Relativistic Theory of Electrons», AHES *24*, 31-67 (1981).
85. Donald F. Moyer, «Evaluations of Dirac's Electron, 1928-1932», AJP *49*, 1055-1062 (1981).
86. Donald F. Moyer, «Vindications of Dirac's Electron, 1932-1934», AJP *49*, 1120-1125 (1981).
87. Joan Bromberg, «Dirac's Quantum Electrodynamics and the Wave Particle Equivalence», en Weiner, ed. (1977), págs. 147-157.

D.g. *Desarrollo de la mecánica cuántica*

El concepto «Desarrollo de la mecánica cuántica» tiene, evidentemente, numerosas facetas. La física nuclear o la física de las partículas elementales, por ejemplo, son en realidad apartados de la mecánica cuántica y, no obstante, son objeto de secciones independientes de esta bibliografía. En este sentido la presente sección se solapa con muchas otras. Es, por consiguiente, un tanto artificial.

88. *Niels Bohr. His Life and Work as Seen by His Friends and Colleagues*, 355 págs., S. Rozental, ed. North-Holland, Amsterdam, 1967.
Compuesto, básicamente, por artículos escritos por físicos (Rosenfeld, O. Klein, Casimir, Dirac, Heisenberg...) pero con mucha información de tipo histórica relativa a una de las personalidades centrales en la física del siglo XX.

89. Gerald Holton, «Los orígenes de la complementaridad», en *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein,* págs. 118-163. Alianza, Madrid, 1982.
90. John Honner, «The Transcendental Philosophy of Niels Bohr», SHPS *13*, 1-29 (1982).
91. Roger H. Stuewer, «G. N. Lewis on Detailed Balancing, The Symmetry of Time, and the Nature of Light», HSPS *6*, 469-511 (1975).
92. Arthur I. Miller, «Redefining *Anschaulichkeit*», en *Physics as Natural Philosophy,* A. Shimony y H. Feshbach, eds., págs. 376-411. The M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1982.
93. B. Carazza y G. P. Guidetti, «La nascita dell' equazione di Klein-Gordon», AHES *2*, 373-383 (1980).
94. Joan Bromberg, «The Concept of Particle Creation before and after Quantum Mechanics», HSPS *7*, 161-191 (1976).
95. Steven Weinberg, «The Search for Unity: Notes for a History of Quantum Field Theory», *Daedalus*, págs. 17-35 (otoño 1977).
96. Gerald Holton, «Striking Gold in Science: Fermi's Group and the Recapture of Italy's Place in Physics», *Minerva 12*, 159-198 (1974).
97. David C. Cassidy, «Cosmic Ray Showers, High Energy Physics, and Quantum Field Theories: Programmatic Interactions in the 1930s», HSPS *12* (1), 1-39 (1981).
98. Stephen G. Brush, «The Chimerical Cat: Philosophy of Quantum Mechanics in Historical Perspective», SSS *10*, 393-447 (1980).
99. James T. Cushing, «Modes and Methodologics in Current Theoretical High-Energy Physics», *Synthese 50*, 5-101 (1982).
100. Bill Harvey, «Possibility and the Evaluation of Knowledge: A Case-Study of Experimental Quantum Mechanics (Hidden Variables)», SSS *11*, 95-130 (1981).
101. Trevor J. Pinch, «What does a Proof do if it does not Prove? A Study of the Social Conditions and Metaphysical Division Leading to David Bohm and John von Neumann Failing to Communicate in Quantum Physics», en *The Social Production of Scientific Knowledge. Sociology of the Sciences,* K. Mendelsohn, R. Weingart y Whitley, eds., págs. 171-215, vol. I. Reidel, Dordrecht, 1977.

D.h. *Las radiaciones misteriosas*

En esta sección, y como complemento a las anteriores, cubro un aspecto de la historia de la teoría cuántica cuyos orígenes preceden incluso al descubrimiento de Planck de 1900 (las primeras observaciones de rayos X a cargo de Roentgen datan del 8 de noviembre de 1895).

102. Otto Glasser, *Wilhelm Conrad Roentgen and The Early History of Roentgen Rays.* Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 1934.
103. Bruce R. Wheaton, *On the Nature of X and Gamma Rays. Attitudes toward Localization of Energy in the 'New Radiation', 1896-1922.* Tesis doctoral. Princeton University, 1978.

104. Bruce R. Wheaton, «Impulse X-Rays and Radiant Intensity: The Double Edge of Analogy», HSPS *11* (2), 367-390 (1981).
105. P. M. Heimann, «Moseley's Interpretation of X-Ray Spectra», *Centaurus 12*, 261-274 (1968).
106. Roger H. Stuewer, «William H. Bragg's Corpuscular Theory of X-Rays and γ-Rays», BJHS *5*, 258-281 (1971).
107. Robert T. Lagemann, «New Light on Old Rays: N Rays», AJP *45*, 281-284 (1977).
108. Spencer Weart, «A Little More on N-Rays», AJP *46*, 306 (1978).
109. Mary Jo Nye, «N Rays: An Episode in the History and Psychology of Sciences», HSPS *11* (1), 125-156 (1980).

E. Física atómica y nuclear

E.a. *Radiactividad*

Obviamente existe un gran margen de libertad en lo relativo a la clasificación del apartado «radiactividad», fenómeno cuyo descubrimiento (1 de marzo de 1896, Henri Becquerel) precedió en casi treinta años al nacimiento de la mecánica cuántica. Debido a su ámbito atómico, he decidido, no obstante, incluirlo en esta sección.

1. Thaddeus J. Trenn, *The Self-Splitting Atom*. Taylor & Francis, Londres, 1977.
2. Arthur S. Eve, *Rutherford*. Macmillan, Nueva York, 1939.
Todavía la mejor biografía de Rutherford en la que se discuten, entre otros temas, sus contribuciones al campo de la radiactividad.
3. *Rutherford and Physics at the Turn of the Century*, 184 págs. M. Bunge y W. R. Shea, eds. Dawson and Science History Publications, New York, 1979. Ver especialmente los artículos de L. Badash, J. L. Heilbron y N. Feather.
4. Thaddeus J. Trenn, «Rutherford and the Alpha-Beta-Gamma Classifications of Radioactive Rays», *Isis 67*, 61-75 (1976).
5. Abraham Pais, «Radioactivity's Two Early Puzzles», *Reviews of Modern Physics 49*, 925-938 (1977).
6. Lawrence Badash, «The Suicidal Success of Radiochemistry», BJHS *12*, 245-256 (1979).
Este artículo pertenece, lo mismo que los tres siguientes, al número de noviembre de 1979 del BJHS que incluía una serie de trabajos en homenaje a Frederik Soddy (1877-1956), uno de los físicos que más contribuyó al campo de la radiactividad.
7. Michael I. Freedman, «Frederik Soddy and the Practical Significance of Radioactive Matter», BJHS *12*, 257-260 (1979).
8. Thaddeus J. Trenn, «The Central Role of Energy in Soddy's Holistic and Critical Approach to Nuclear Science, Economics, and Social Responsability», BJHS *12*, 261-276 (1979).
9. A. D. Cruckshank, «Soddy at Oxford», BJHS *12*, 277-288 (1979).

10. Minoru Tanaka, «The Reception of Soddy's Idea of Isotope and the Development of Radioactivity Studies in Japan», JSHS *16*, 119-123 (1977).
11. Daniel M. Siegel, «Classical-Electromagnetic and Relativistic Approaches to the Problem of Nonintegral Atomic Masses», HSPS *9*, 323-360 (1978).
12. Thaddeus J. Trenn, «The Phenomenon of Aggregate Recoil: the Premature Acceptance of an Essentially Incorrect Theory», AS *37*, 81-100 (1980).
13. Marjorie Malley, «The Discovery of Atomic Transmutation: Scientific Styles and Philosophies in France and Britain», *Isis 70*, 213-223 (1979).

E.b. *Física atómica y nuclear*

14. John L. Heilbron, *A History of the Problem of Atomic Structure from the Discovery of the Electron to the Begining of Quantum Mechanics,* 420 págs. Tesis doctoral. University of California, Berkeley, 1964; University Microf, ref. n.º 65-3004).
15. Alex Keller, *The Infancy of Atomic Physicis. Hercules in His Cradle,* 230 págs. Clarendon Press, Oxford, 1983.
    Este libro cubre también gran parte de la sección E.a.
16. *Exploring the History of Nuclear Physics,* 271 págs., Charles Weiner, ed. American Institute of Physics, Nueva York, 1972.
17. *Nuclear Physics in Retrospect,* 340 págs., Roger H. Stuewer, ed. University of Minnesota Press, Minneapolis, 1979.
    Contiene artículos escritos por físicos (Bethe, Sègre, Frisch, Goldhaber, McMillan, Wigner, Peierls y Wheeler). El mejor, y más valioso desde el punto de vista de la historia de la física, es el de John A. Wheeler, «Some Men and Moments in the History of Nuclear Physics: The Interplay of Colleagues and Motivations», págs. 213-306.
18. John L. Heilbron, «Lectures on the History of Atomic Structure», en Weiner, ed. (1977), págs. 40-108.
19. Léon Rosenfeld, «Men and Ideas in the History of Atomic Theory», AHES *7*, 69-90 (1971). Reproducido en Cohen y Stachel, eds. (1979).
20. Chiyoko Fujisaki, «P. Drude's Theory of Dispersion of Light and Atomic Model (1900-1913)», *Historia Scientiarum* (antes JSHS) *22*, 19-67 (1982).
21. Sigeko Nisio, «X-Ray, and Atomic Structure at the Early Stages of the Old Quantum Theory», JSHS *8*, 55-75 (1969).
22. Russell McCormmach, «The Atomic Theory of John William Nicholson», AHES *3*, 160-184 (1966).
23. Thaddeus J. Trenn, «The Geiger-Marsden Results and Rutherford's Atom, July 1912 to July 1913. The Shifting Significance of Scientific Evidence», *Isis 65*, 74-82 (1974).

24. John L. Heilbron, «The Scattering of Alpha and Beta Particles and Rutherford's Atom», AHES *4*, 247-307 (1968).
25. Tetu Hirosige y Sigeko Nisio, «Formation of Bohr's Theory of Atomic Constitution», JSHS *3*, 6-28 (1964).
26. John L. Heilbron y Thomas S. Kuhn, «The Genesis of the Bohr Atom», HSPS *1*, 211-290 (1969).
27. Tetu Hirosige y Sigeko Nisio, «The Genesis of the Bohr Atom Model and Planck's Theory of Radiation», JSHS *9*, 36-47 (1970).
28. Sigeko Nisio, «The Role of the Chemical Considerations in the Development of Bohr Atom Model», JSHS *6*, 26-40 (1967).
29. Minoru Tanaka, «The Reception of Atomic Theory in Japan During the Feudal Age», JSHS *16*, 113-118 (1977).
30. Helge Kragh, «Niels Bohr's Second Atomic Theory», HSPS *10*, 123-186 (1979).
31. John L. Heilbron, «The Kossel-Sommerfeld Theory and the Ring Atom», *Isis 58*, 451-485 (1967).
32. Joan Bromberg, «The Impact of the Neutron: Bohr and Heisenberg», HSPS *3*, 307-341 (1971).
33. David C. Cassidy, «Heisenberg's First Core Model of the Atom: The Formation of a Professional Style», HSPS *10*, 187-224 (1979).
34. Joan S. Rigden, «Molecular Beam Experiment on the Hydrogens During the 1930s», HSPS *13* (2), 335-373 (1983).
35. Visvapriya Mukherji, «A History of the Meson Theory of Nuclear Forces from 1935 to 1952», AHES *13*, 27-102 (1974).

F. Física del estado sólido

Incluyo aquí trabajos que tratan de la difracción mediante rayos X o mediante electrones, al ser estas técnicas útiles básicos en la física del estado sólido.

1. *The Beginnings of Solid State Physics,* Nevill Mott, ed. 177 págs. The Royal Society, Londres, 1980.

   Colección de artículos. Con la excepción de dos a cargo de historiadores (L. H. Hoddeson y G. Bayn, «The Development of The Quantum Mechanical Electron Theory of Metals: 1900-28», y E. Braun, «The Contribution of the Göttingen School to Solid State Physics: 1920-40») todas las contribuciones son debidas a físicos que participaron en los comienzos de la física del estado sólido.
2. *Fifty Years of X-Rays Diffraction,* P. P. Ewald, ed. 733 págs. N. V. A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij, Utrech, 1962.

   Formado, al igual que la siguiente referencia (F.3), por contribuciones a cargo de físicos.
3. *Fifty Years of Electron Diffraction,* P. Goodman, ed. 440 págs. Reidel, Dordrecht, 1981.

4. E. Braun y S. Macdonald, *Revolution in Miniature,* 2.ª edición, 247 págs. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
5. C. S. Smith, «The Prehistory of Solid-State Physics», *Physics Today,* págs. 18-22, 24-26, 29-30 (diciembre 1964).
6. Arturo Russo, «Fundamental Research at Bell Laboratories: The Discovery of Electron Diffraction», HSPS *12* (1), 117-160 (1981).
7. Lillian H. Hoddeson, «The Entry of the Quantum Theory of Solids into the Bell Telephone Laboratories, 1925-1940: A Case Study of the Industrial Applications of Fundamental Science», *Minerva 18* (1980).
8. Lillian H. Hoddeson, «The Discovery of the Point-Contact Transistor, HSPS *12* (1), 41-76 (1981).

G. Partículas elementales

1. *The Birth of Particle Physics,* 412 págs., Laurie M. Brown y Lillian Hoddeson, eds. Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
   Escrito, salvo el artículo inicial de Brown y Hoddeson, por físicos. Contiene, no obstante, las transcripciones de mesas redondas y discusiones en las que participaban algunos historiadores.
2. *Colloque International sur l'histoire de la physique de particules,* 393 págs. *Journal de Physique,* Colloque C8-1982. Les Éditions de Physique, París, 1982.
   Compuesto por artículos escritos por físicos.
3. Manuel García Doncel, *Partículas, campos y simetrías. Historia de la Física de altas energías de los años 30 a los 60,* 276 págs. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, 1982.
4. Norwood R. Hanson, *The Concept of the Positron.* Cambridge University Press, Cambridge, 1963.
5. Andrew Pickering, *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics.* Edinburgh University Press, Edimburgo, 1984.
6. Jerry Collins Gaston, *Big Science in Britain. A Sociological Study of the High Energy Physics Community,* 399 págs. Tesis doctoral. Yale University, 1969.
7. Gerald Holton, «Subelectrones, presuposiciones y la polémica Millikan-Ehrenhaft», en *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein,* págs. 43-117. Alianza, Madrid, 1982. Este ensayo fue publicado inicialmente en HSPS (1978).
8. Allan Franklin, «Millikan's Published and Unpublished Data on Oil Drops», HSPS *11* (2), 185-201 (1981).
   Atom»,
9. Laurie M. Brown y Lillian Hoddeson, «The Birth of Elementary-Particle Physics», *Physics Today,* págs. 2-9 (abril 1982). Versión resumida del capítulo introductorio de G.1.
10. Helge Kragh, «The Concept of the Monopole. A Historical and Analytical Case-Study«, SHPS *12*, 141-172 (1981).

11. John Hendry, «Monopoles before Dirac», SHPS *14*, 81-87 (1983). Comentarios a G.10.
12. E. Amaldi, «Personal Notes on Neutron Work in Rome in the 30s and Post-War European Collaboration in High-Energy Physics», en Weiner, ed. (1977), págs. 294-351.
13. A. P. Grinberg, «History of the Invention and Development of Accelerators (1922-1932)», *Soviet Physics Uspekhi 18,* 815-831 (1976).
14. Robert W. Seidel, «Accelerating Science: The Postwar Transformation of the Lawrence Radiation Laboratory», HSPS *13* (2), 375-400 (1983).
15. Lillian Hoddeson, «Establishing KEK in Japan and Fermilab in the U.S.: Internationalism, Nationalism and High Energy Accelerators», SSS *13*, 1-48 (1983).
16. Allan Franklin, «The Discovery and Nondiscovery of Parity Nonconservation», SHPS *10*, 201-257 (1979).
17. Allan Franklin y Howard Smokler, «Justification of a 'Crucial' Experiment: Parity Nonconservation», AJP *49*, 109-112 (1981).
18. D. Hywell White, Daniel Sullivan y Edward J. Barboni, «The Interdependence of Theory and Experiment in Revolutionary Science: The Case of Parity Violation», SSS *9*, 303-327 (1979).
19. Allan Franklin, «The Discovery and Acceptance of CP Violation», HSPS *13* (2), 207-238 (1983).
20. Andrew Pickering, «The Hunting of the Quark», *Isis 72*, 216-236 (1981).
21. David Koester, Daniel Sullivan y D. Hywell White, «Theory Selection in Particle Physics: A Quantitative Case Study of the Evolution of Weak-Electromagnetic Unification Theory», SSS *12*, 73-100 (1982).
22. Peter Galison, «How the First Neutral-Current Experiments Ended», *Reviews of Modern Physics 55*, 477-509 (1983).
23. Trevor J. Pinch, «The Sun-Set: The Presentation of Certainty in Scientific Life», SSS *11*, 131-158 (1981).

H. Astrofísica y Cosmología

1. *A Source Book in Astronomy and Astrophysics, 1900-1975,* Kenneth R. Lang y Owen Gingerich, eds. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1979.
2. John D. North, *The Measure of the Universe,* 436 págs. Clarendon Press, Oxford, 1965.
3. Jacques Merleau-Ponty, *Cosmology du XXe siècle,* 533 págs. Gallimard, París, 1965; existe versión en castellano en Guadarrama.
4. N. T. Roseveare, *Mercury's Perihelion from Le Verrier to Einstein,* 208 págs. Clarendon Press, Oxford, 1982.
5. Richard Berendzen, Richard Hart y Daniel Seeley, *Man Discovers the Galaxies,* 228 págs. Science History Publications, Nueva York, 1976.

6. Robert Smith, *The Expanding Universe. Astronomy's 'Great Debate' 1900-1931,* 220 págs. Cambridge University Press, Cambridge, 1982.
7. N. S. Hetherington, «Observational Cosmology in the Twentieth Century», en Forbes, ed. (1978), págs. 567-575.
8. Gerald J. Whitrow, «Theoretical Cosmology in the Twentieth Century», en Forbes, ed. (1978), págs. 576-593.
9. Marc Rothenberg, «Organization and Control: Professionals and Amateurs in American Astronomy, 1899-1918», SSS *11*, 305-325 (1981).
10. Daniel H. De Vorkin, «A Sense of Community in Astrophysics: Adopting a System of Spectral Classification», *Isis 72*, 29-49 (1981).
11. Richard F. Hirsch, «The Riddle of the Gaseous Nebulae», *Isis 70*, 197-212 (1979).
12. Karl Hyfbauer, «Astronomers Take up the Stellar-Energy Problem, 1917-1920», HSPS *11* (2), 277-303 (1981).
13. David H. De Vorkin, «Steps towards the Hertzprung-Russell Diagram», *Physics Today*, 32-39 (marzo 1978).
14. Stephen G. Brush, «The Rise of Astronomy in America», *American Studies 20*, 41-67 (1979).
15. Robert W. Smith, «The Origins of the Velocity-Distance Relation», *Journal for History of Astronomy 10,* 133-165 (1979).
16. Norris Hetherington, «Edwin Hubble on Adriaan van Maanen's Internal Motion in Spiral Nebulae», *Isis 65*, 390-393 (1974).
17. Norris S. Hetherington, «Philosophical Values and Observation in Edwin Hubble's Choice of a Model of the Universe», HSPS *13* (1), 41-61 (1982).
18. Helge Kragh, «Cosmo-physics in the Thirties: Towards a History of Dirac Cosmology», HSPS *13* (1), 69-108 (1982).
19. Kameshwar C. Wali, «Chandrasekhar *vs.* Eddington -an Unanticipated Confrontation», *Physics Today 35*, 33-40 (octubre 1982).
20. John Lankford, «Amateur and Astrophysics: A Neglected Aspect in the Development of a Scientific Speciality», SSS *11*, 275-303 (1981).

I. Instituciones, política, etc.

En esta sección se acogen trabajos pertenecientes, básicamente, a lo que hemos denominado historia «externa». Aunque investigaciones de este tipo también aparecen esporádicamente en otras secciones, es indudable que en el conjunto de esta bibliografía constituyen una minoría. Esto es debido a varias razones: En primer lugar a que la historia externa es, en múltiples sentidos, más difícil, o tal vez mejor, más *sutil*, más ambigüa que la historia interna, por lo que hasta ahora ha sido practicada con menor intensidad que esta última. Por otra parte, la historia externa es, preferente y casi inevitablemente, interdisciplinar, motivo por el cual muchos de los trabajos pertenecientes a esa categoría no tienen cabida aquí al no satisfacer las limitaciones que expuse al comienzo de este apéndice.

1. Daniel J. Kevles, *The Physicists. The History of a Scientific Community in Modern America,* 491 págs. Alfred A. Knopf, Nueva York, 1978.
2. A. B. Beyerchen, *Scientists under Hitler: Politics and the Physics Community in the Third Reich.* Yale University Press, New Haven, 1977.
3. *The Intellectual Migration: Europe and America, 1930-1960,* Donald Fleming y Bernard Bailyn, eds. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1969.
   Ver, en especial, el artculo de C. Weiner, «A New Site for the Seminar: The Refugees and American Physics in the Thirties», págs. 190-233.
4. *Fisica & Società negli anni' 20,* 327 págs. CLUP-CLUED, Milán, 1980.
   Incluye trabajos de Forman, Tito Tonietti, Ester Fano, Heilbron, Elisabetta Donini, Robert Seidel, Michelangelo De Maria, Robert Linhart, A. Baracca, R. Livi y S. Ruffo.
5. J. G. Crowther, *The Cavendish Laboratory, 1874-1974.* Science History Publications, Nueva York, 1974.
6. Spencer R. Weart, *Scientists in Power.* Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1979.
7. Terry Shinn, «The French Science Faculty System, 1808-1914: Institutional Change and Research Potential in Mathematics and the Physical Sciences», HSPS *10*, 271-332 (1979).
8. Mary Jo Nye, «Science and Socialism: The Case of Jean Perrin and the Third Republic», *French Historical Studies* 9, 141-169 (1975).
9. Lewis Pyenson, «Mathematics, Education, and the Göttingen Approach to Physical Reality, 1890-1914», en *Selected Studies*, Th. M. Rassias y G. M. Rassias, eds., pág. 339-378. North Holland Amsterdam, 1982.
10. Lewis Pyenson, «Cultural Imperialism and Exact Sciences: German Expansion Overseas 1900-1930», *History of Science 20,* 3-43 (1982).
11. Lewis Pyenson, «The Incomplete Transmission of a European Image: Physics at Greater Buenos Aires and Montreal, 1890-1920», *Proceedings of the American Philosophical Society 122,* 92-114 (1978).
12. Robert H. Kargon, «Temple to Science: Cooperative Research and the Birth of the California Institute of Technology», HSPS *8*, 3-31 (1977).
13. Spencer R. Weart, «The Physics Business in America, 1919-1940. A Statistical Reconnaissance», en *The Sciences in the American Context: New Perspectives,* N. Reingold, ed., págs. 295-358. Washington D. C., 1979.
14. Spencer R. Weart, «The Rise of 'Prostituted' Physics», *Nature 262,* 13-17 (1976).

2. Manuel Valera, «La Física en España durante el primer tercio del siglo XX», *Llull 5*, 149-173 (1983).
3. Manuel Valera y Pedro Marset, «Aspectos bibliométricos e institucionales de la Real Sociedad Española de Física y Química para el período 1903-1937», en *El científico español ante su Historia*, S. Garma, ed., págs. 391-432. Diputación Provincial de Madrid, 1980.
4. Pedro Marset, Manuel Valera y Carlos López, «Repercusiones de la guerra civil española (1936-39) en la producción científica en Física, a través de los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*», *Dynamis 1*, 179-202 (1981).
5. Antoni Roca, «Esteve Terradas (1983-1950) en la renovació de la comunitat científica catalana», *Ciència*, núm. 27, 52-56 (1983).
6. Antoni Roca y Thomas F. Glick, «Esteve Terradas (1883-1950) i Tullio Levi-Civita (1873-1941) una correspondencia», *Dynamis 2*, 387-402 (1982).
7. Thomas F. Glick, «Einstein y los españoles: Aspectos de la recepción de la relatividad», *Llull 2*, 3-22 (1979).
8. Antonio Lafuente y José L. Peset, «Einstein en España», *Historia 16*, núm. 42, 19-30 (octubre 1979).
9. Antonio Lafuente, «La relatividad y Einstein en España», *Mundo Científico*, núm. 12, 584-591 (junio 1982).
10. Antoni Roca, «La incidència del pensament d'Einstein a Catalunya (1908-1923)», en *Jornades d'homenatge a Einstein*, págs. 165-184 (Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1981).
11. Thomas F. Glick, «Einstein a Barcelona: Ciència i Sociètat a la Catalunya d'entreguerres», *Ciència*, núm. 3, 10-19 (octubre 1980).
12. José M. Sánchez Ron y Thomas F. Glick, *La España posible de la Segunda República. La oferta a Einstein de una cátedra extraordinaria en la Universidad Central (Madrid, 1933)*, 95 págs. Editorial de la Universidad Complutense, Madrid, 1983.
13. Antoni Roca, «L'Impacte de la Hipòtesi Quàntica a Catalunya», en *El científico español ante su Historia*, S. Garma, ed., págs. 383-387. Diputación Provincial de Madrid, 1980.
14. José M. Sánchez Ron, «Documentos para una historia de la Física moderna en España: Arnold Sommerfeld, Miguel Angel Catalán, Angel del Campo y Blas Cabrera», *Llull 5*, 97-109 (1983).

Referencias

Cohen, R. S., y J. J. Stachel, eds. (1979), *Selected Papers of Léon Rosenfeld*. Reidel, Dordrecht.

Forbes, E. G., ed. (1978), *Human Implications of Scientific Advance*. Edinburgh University Press, Edimburgo.

Salam, A., y E. P. Wigner, eds. (1972), *Aspects of Quantum Theory*. Cambridge University Press, Cambridge.

Weiner, C., ed. (1977), *History of Twentieth Century Physics.* Academic Press, Nueva York.

Woolf, H., ed. (1980), *Some Strangeness in the Proportion.* Addison-Wesley, Reading, Mass.

Alianza Universidad

Ultimos títulos publicados

224 **Antología de la literatura española de finales del siglo XVI a mediados del XVII.** Selección y notas de Germán Bleiberg

225 José Ferrater Mora: **De la materia a la razón**

226 Niko Tinbergen: **Estudios de etología, 2**

227 José Antonio Maravall: **Las Comunidades de Castilla**

228 Pierre Gourou: **Introducción a la geografía humana**

229 Richard J. Bernstein: **Praxis y acción**

230 Ludwig von Bertalanffy: **Perspectivas en la teoría general de sistemas**

231 Karl Bühler: **Teoría del lenguaje**

232 Roy Harrod: **Dinámica económica**

233 Jonathan Bennett: **La «Crítica de la razón pura» de Kant.** 1. La **Analítica**

234, 235 Peter Calvocoressi, Guy Wint: **Guerra total**

236 Anthony Giddens: **La estructura de clases en las sociedades avanzadas**

237 Julius Klein: **La Mesta**

238 Aron Gurwitsch: **El campo de la conciencia. Un análisis fenomenológico**

239 Robert Nisbet, Thomas S. Kuhn, Lynn White y otros: **Cambio social**

240 Alvin W. Gouldner: **La sociología actual: renovación y crítica**

241, 242 I. M. Crombie: **Análisis de las doctrinas de Platón**

243 John F. Coverdale: **La intervención fascista en la Guerra Civil española**

244 Stephen E. Toulmin: **El puesto de la razón en la ética**

245 Anthony Wilden: **Sistema y estructura**

246 Rosario Villari: **La revuelta antiespañola en Nápoles**

247 A. J. Ayer: **Los problemas centrales de la filosofía**

248 Steven Runciman: **Vísperas sicilianas**

249 Concepción de Castro: **La Revolución Liberal y los municipios españoles**

250 Michael Ruse: **La filosofía de la biología**

251 Pedro González Blasco, José Jiménez Blanco, José M.ª López Piñero: **Historia y sociología de la ciencia en España**

252 Erving Goffman: **Relaciones en público**

253, 254 Joseph Ki-Zerbo: **Historia del Africa negra**

255 Karl Bühler: **Teoría de la expresión**

256 Alvin W. Gouldner: **El futuro de los intelectuales y el ascenso de la nueva clase**

257 Georg Henrik von Wright: **Explicación y comprensión**

258 W. H. Thorpe: **Naturaleza animal y naturaleza humana**

259 Eric R. Wolf, J. Clyde Mitchell y otros: **Antropología social de las sociedades complejas.** Compilación de Michael Banton

260 R. W. Southern: **La formación de la Edad Media**

261 Barry Barnes, Thomas S. Kuhn, Robert K. Merton y otros: **Estudios sobre sociología de la ciencia.** Compilación e introducción de Barry Barnes

262 Thomas S. Kuhn: **La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica, 1894-1912**

263, 264 Friedrich Heer: **Europa, madre de revoluciones**

265 G. W. F. Hegel: **Lecciones sobre la filosofía de la historia universal**

266 Vilfredo Pareto: **Forma y equilibrio sociales. Extracto del tratado de sociología general**

267 Giovanni Sartori: **Partidos y sistemas de partidos, 1**

268 E. R. Dodds: **Los griegos y lo irracional**

269 Norman Cohn: **Los demonios familiares de Europa**

270 Hans J. Eysenck y Glenn D. Wilson: **El estudio experimental de las teorías freudianas**

271 Wilhelm Dilthey: **Introducción a las ciencias del espíritu**

272 Enrique Ballestero: **El encuentro de las ciencias sociales**

273 Karl Jaspers: **Origen y meta de la historia**

274 Manuel García-Pelayo: **Los mitos políticos**

275 Nicolás Ramiro Rico: **El animal ladino y otros estudios políticos**

276 Leszek Kolakowski: **Las principales corrientes del marxismo. 1. Los fundadores**

277 Benjamín Ward: **¿Qué le ocurre a la teoría económica?**

278 Francisco J. Ayala: **Origen y evolución del hombre**

279 Bernhard Rensch: **Homo sapiens. De animal a semidiós**

280 J. Hintikka, A. MacIntyre, P. Winch y otros: **Ensayos sobre explicación y comprensión**

281 **Antología de la literatura española de mediados del siglo XVII a mediados del XVIII.** Selección y notas de Germán Bleiberg

282 T. W. Moore: **Introducción a la teoría de la educación**

283 E. H. Carr, R. W. Davies: **Historia de la Rusia Soviética. Bases de una economía planificada (1926-1929).** Volumen I, 1.ª parte

284 E. H. Carr, R. W. Davies: **Historia de la Rusia Soviética. Bases de una economía planificada (1926-1929).** Volumen I, 2.ª parte

285 Alberto Recarte: **Cuba: economía y poder (1959-1980)**

286 Kurt Gödel: **Obras completas**

287 J. A. Hobson: **Estudio del imperialismo**

288 Francisco Rodríguez Adrados: **El mundo de la lírica griega antigua**

289 H. J. Eysenck: **La desigualdad del hombre**

290 Santiago Ramón y Cajal: **Recuerdos de mi vida: Historia de mi labor científica**

291 Mark Nathan Cohen: **La crisis alimentaria de la prehistoria**

292 Wolfgang Stegmüller: **La concepción estructuralista de las teorías**

293 Norman Cohn: **En pos del Milenio**

294 Imre Lakatos: **Matemáticas, ciencia y epistemología**

295 P. D. King: **Derecho y sociedad en el reino visigodo**

296 Gerd Brand: **Los textos fundamentales de Ludwig Wittgenstein**

297 Preston Cloud: **El cosmos, la Tierra y el hombre**

298 Emilio Lamo de Espinosa: **La teoría de la cosificación: de Marx a la Escuela de Francfort**

299 Elliot Aronson: **El animal social. Introducción a la psicología social**

300 José Ferrater Mora y Priscilla Cohn: **Etica aplicada. Del aborto a la violencia**

301 María Cruz Mina Apat: **Fueros y revolución liberal en Navarra**

302 Carlo M. Cipolla: **Historia económica de la Europa preindustrial**

303 Jesús Mosterín: **La ortografía fonémica del español**

304 J. Blondel, M. Duverger, S. E. Finer, S. M. Lipset y otros: **El Gobierno: estudios comparados**

305 Curt Paul Janz: **Friedrich Nietzsche. 1. Infancia y juventud**

306 Jonathan Bennett: **La «Crítica de la razón pura» de Kant. 2. La dialéctica**

307 Gilbelrt Harman, Jerrold J. Katz, W. V. Quine y otros: **Sobre Noam Chomsky: Ensayos críticos**

308 Henri Frankfort: **Reyes y Dioses**

309 Hannah Arendt: **Los orígenes del totalitarismo. 1. Antisemitismo**

310 William Berkson: **Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday hasta Einstein**

311, y 312 Franco Venturi: **El populismo ruso**

313 Ramón Tamames: **El mercado común europeo**

314 Leszek Kolakowski: **Las principales corrientes del marxismo. II. La edad de oro**

315 Gerald Holton: **Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein**

316 **Atlas de música**

317 Víctor Sánchez de Zavala: **Funcionalismo estructural y generativismo**

318 Jean Piaget: **Estudios sobre lógica y psicología**

319 A. J. Ayer: **Parte de mi vida**

320 Cristóbal Colón: **Textos y documentos completos**

321 Lloyd de Mause: **Historia de la infancia**

322 Sir Macfarlane Burnet y David O. White: **Historia natural de la enfermedad infecciosa**

323 Stuart Hampshire: **Spinoza**

324 Marvin Harris: **El materialismo cultural**

325 Ferrán Valls i Taberner, Ferrán Soldevila: **Historia de Cataluña**

326 Talcott Parsons: **El sistema social**

327 Kathleen Newland: **La mujer en el mundo moderno**

328 Anthony Kenny: **Wittgenstein**

329 José Lorite Mena: **El animal paradójico**

330 Joseph D. Novak: **Teoría y práctica de la educación**

331, 332 Edmund Husserl: **Investigaciones lógicas**

333 Jean Piaget y otros: **Investigaciones sobre las correspondencias**

334 Antonio Gómez Mendoza: **Ferrocarriles y cambio económico en España (1855-1913)**

335 Hannah Arendt: **Los orígenes del totalitarismo. 3. Totalitarismo**

336 Svend Dahl: **Historia del libro**

337 Harald Fritzsch: **Los quarks, la materia prima de nuestro Universo**

338 Ramón Tamames: **Estructura económica internacional**

339 Frederick J. Newmeyer: **El primer cuarto de siglo de la gramática generativo-transformatoria (1955-1980)**

340 Pedro Laín Entralgo: **La medicina hipocrática**

341 Richard Sennett: **Autoridad**

342 Julián Zugasti: **El bandolerismo**

343 Curt Paul Janz: **Friedrich Nietzsche, 2**

344 Francisco Tomás y Valiente: **Gobierno e Instituciones en la España del Antiguo Régimen**

345 John Tyler Bonner: **La evolución de la cultura en los animales**

346 Roberto Centeno: **El petróleo y la crisis mundial**

347 Javier Arce: **El último siglo de la España romana (284-409)**

348 Guillermo Araya: **El pensamiento de Américo Castro**

349 Imre Lakatos: **La metodología de los programas de investigación científica**

350 Howard F. Taylor: **El juego del C.I.**

351 Bernard d'Espagnat: **En busca de lo real**

352 Pedro Laín Entralgo: **Teoría y realidad del otro**

353 K. S. Schrader-Frechette: **Energía nuclear y bienestar público**

354 Alvin W. Gouldner: **Los dos marxismos**

355 José Luis Martínez: **Pasajeros de Indias**

356 Julián Marías: **Antropología metafísica**

357 **Policía y sociedad democrática.** Compilado por José María Rico

358 Luis Díez del Corral: **El pensamiento político europeo y la monarquía de España**

359 **Crisis en Europa 1560-1660.** Compilación de Trevor Aston

360 I. Bernard Cohen: **La revolución newtoniana y las transformaciones de las ideas científicas**

361 Leszek Kolakowski: **Las principales corrientes del marxismo, III**

362 José Manuel Sánchez Ron: **El origen y desarrollo de la relatividad**

363 Gustav Henningsen: **El abogado de las brujas. Brujería vasca e Inquisición española**

364 Margaret S. Mahler, Otto F. Kernberg y otros: **Diez años de psicoanálisis en los Estados Unidos (1973-1982).** Compilación de Harold P. Blum

365 E. H. Carr: **Las bases de una economía planificada 1926-1929**

366 Agustín Albarracín Teulón: **La teoría celular**

367 Robin J. Wilson: **Introducción a la teoría de grafos**

368 I. Prigogine e I. Stengers: **La nueva alianza (Metamorfosis de la ciencia)**

369 Teodor Shanin: **La clase incómoda**

370 Pedro Laín Entralgo: **La relación médico-enfermo**

371 Enrique Ballestero: **Teoría económica de las cooperativas**

372 Michael Ruse: **La revolución darwinista**

373 Julián Marías: **Ortega. 1. Circunstancia y vocación**

374 Julián Marías: **Ortega. 2. Las trayectorias**

375 **Paro e inflación. Perspectivas institucionales y estructurales.** Compilación de Michael J. Piore

376 Carlos Pereyra: **El sujeto de la Historia**

377 Howard Newby y Eduardo Sevilla-Guzmán: **Introducción a la sociología rural**

378 Manuel Ballbé: **Orden público y militarismo en la España constitucional (1812-1983)**